

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



Descripción de instalación flexible para la
fabricación de piezas moldeadas de material
composite.

PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA INDUSTRIAL

AUTOR:

BERNARDO DE RIVA SILVA

TUTORES:

CAROLINA ÁLVAREZ CALDAS.
CARLOS DE ÁLVARO MARTÍN.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado de alguna u otra manera a realizar este proyecto con el que finaliza mi carrera universitaria.

A mi familia, por su apoyo incondicional y cariño desde que tengo uso de razón.

A mis tutores, Carolina Álvarez y Carlos de Álvaro, por que sin su ayuda este momento no hubiera llegado.

A mi tío Luis, por ser mi tercer tutor durante el proyecto.

A mis amigos de la universidad, que saben lo que significa finalizar la carrera y a los de fuera de la universidad, por comprender siempre que tenía que acabar la carrera.

A Natalia, porque su apoyo durante toda la carrera ha sido muy importante para mí.

A todos, Gracias.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado de alguna u otra manera a realizar este proyecto con el que finaliza mi carrera universitaria.

A mi familia, por su apoyo incondicional y cariño desde que tengo uso de razón.

A mis tutores, Carolina Álvarez y Carlos de Álvaro, por que sin su ayuda este momento no hubiera llegado.

A mi tío Luis, por ser mi tercer tutor durante el proyecto.

A mis amigos de la universidad, que saben lo que significa finalizar la carrera y a los de fuera de la universidad, por comprender siempre que tenía que acabar la carrera.


A Natalia, porque su apoyo durante toda la carrera ha sido muy importante para mí.

A todos, Gracias.




ÍNDICE DE CONTENIDOS


1.INTRODUCCIÓN	1
2.OBJETIVO DEL PROYECTO	9
3.ESTADO DEL ARTE	10
3.1 FORMACIÓN DEL MATERIAL COMPOSITE A PARTIR DEL NÚCLEO, MATERIAL DE REFUERZO Y AGLOMERANTES	27
3.2 EL POLIURETANO	29
3.2.1 Historia.	29
3.2.2 Química	31
3.2.3 Producción	34
3.2.4 Seguridad y salud	35
3.2.5 Usos	36
3.2.5.1 Barnices	37
3.2.5.2 Neumáticos	37
3.2.5.3 Mobiliario	38
3.2.5.4 Construcción, escultura y decoración	38
3.2.5.5 Tablas de surf	39
3.2.5.6 Cascos de embarcaciones	40
3.2.5.7 Grips en raquetas de tenis	40
3.2.5.8 Componentes electrónicos	40
3.2.5.9 Adhesivos	40
4.REQUERIMIENTOS DEL PROCESO	42
5. ALTERNATIVAS DE PROCESO. ELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y JUSTIFICACIÓN	45
5.1 ALTERNATIVAS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN	46
5.1.1 Proceso 1.A	46
5.1.2 Proceso 1.B	47
5.1.3 Proceso 2.A	49
5.1.4 Proceso 1.A	51
5.2 ELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y JUSTIFICACIÓN	53
5.2.1 Colocación del soporte de aplicación del producto en la mesa de alimentación	54
5.2.2 Aplicación de poliuretano sobre la cobertura inferior	54
5.2.3 Colocación del material del núcleo y material de refuerzo	55

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	Índice de contenidos
---	--	-------------------------


5.2.4 Aplicación de la cobertura superior de poliuretano y material de refuerzo	55
5.2.5 Colocación del material de cobertura superior	55
5.2.6 Moldeado	55
5.2.7 Extracción de las piezas del molde	55
6.DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	57
6.1 DESENROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURA INFERIOR	
6.1.1 Desenrollado de la cobertura inferior de la pieza	58
6.1.2 Corte a medida de la cobertura inferior en función de la pieza a fabricar	58
6.1.3 Colocación de la cobertura inferior ya cortada sobre mesa de alimentación	58
6.2 APLICACIÓN DE POLIURETANO	59
6.3 COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE REFUERZO SOBRE LA COBERTURA INFERIOR	59
6.4 EXPANSIÓN Y COLOCACIÓN DEL NÚCLEO DE NIDO DE ABEJA	59
6.5 COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE REFUERZO SOBRE EL NÚCLEO DE NIDO DE ABEJA	59
6.6 APLICACIÓN DE POLIURETANO	60
6.7 DESPLAZAMIENTO DEL SÁNDWICH AL PUESTO SIGUIENTE	60
6.8 DESENROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURA SUPERIOR	60
6.9 INTRODUCCIÓN DEL SÁNDWICH A LA PRENSA	60
6.10 PRENSADO DEL SÁNDWICH60	60
6.11 DESENROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURA SUPERIOR	60
6.12 INTRODUCCIÓN DEL SÁNDWICH A LA PRENSA	60
6.13 PRENSADO DEL SÁNDWICH	60
6.14 EXTRACCIÓN DE LA PIEZA FINAL	60
7.DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	62
7.1 ESTACIÓN DE DESENROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURAS Y MATERIAL DE REFUERZO (SUPERIOR E INFERIOR)	63

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	Índice de contenidos
---	--	-------------------------

7.1.1 Portabobinas	63
7.1.2 Manipulador de desenrollado de bobina y transferencia de material	64
7.1.3 Sistema de corte	65
7.2 EXPANSORA DE NIDO DE ABEJA	66
7.3 MESA DE ALIMENTACIÓN	67
7.4CABINA DE ASPIRACIÓN	68
7.5 ROBOT DE APLICACIÓN DE POLIURETANO	68
7.6 SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL	70
7.7 PRENSA	71
7.8 MÓDULO DE CAMBIO RÁPIDO DE MOLDE	74
7.9 CABINAS ELECTRICAS	74
7.10 MANIPULADOR AUTOMATICO DE DESCARGA	75
7.11 BARRERAS DE SEGURIDAD	77
7.12 LISTA DE COMPONENTES ADICIONALES	78
7.12.1 Componentes hidráulicos	78
7.12.2 Componentes neumáticos	78
7.12.3 Componentes eléctricos	79
7.13 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE ESPUMACIÓN DE POLIURETANO	79
7.13.1 Grupo de Tanques atemperados	80
7.13.2 Bomba dosificadora	82
7.13.3 Controles	83
7.13.4 Kit de aplicación de Poliuretano	84
7.13.5 Unidad Hidráulica	85
7.13.6 Sistema “Roving” de aplicación localizada de material de refuerzo	86
7.13.7 Unidad de troceado de fibra	87
7.13.8 Unidad hidráulica	88
7.13.9 Sistema de alimentación tipo Venturi	88
7.13.10 Interfaz de control	88
7.13.11 Sistema ecológico de limpieza del cabezal	89
7.14 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE POLIOL E ISOCIANATO	90

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	Índice de contenidos
---	--	-------------------------

8.ESQUEMA DE INSTALACIÓN FLEXIBLE PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS MOLDEADAS DE MATERIAL COMPOSITE	91
8.1 PLANO DE LA INSTALACION	92
8.2 PLANO DE LA INSTALACION (ROTULADO)	93
8.3 PLANO DE UBICACION DE LA INSTALACION EN LA NAVE EXISTENTE	94
9.INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y MANEJO DE LA INSTALACIÓN	95
9.1 NOTAS PRELIMINARES SOBRE LAS INSTRUCCIONES DE SERVICIO	95
9.2 INSTRUCCIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD	96
9.2.1 Señales de advertencia y símbolos	96
9.2.2 Norma básica, utilización conforme al objetivo previsto	96
9.2.3 Normas	97
9.2.4 Normas de servicio para depósitos a presión	97
9.3 MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN	98
9.3.1 Medidas generales de organización	98
9.3.2 Medidas preventivas al utilizar tuberías flexibles de alta presión	99
9.3.3 Elección y cualificación del personal; obligaciones básicas	100
9.4 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL ACCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	101
9.4.1 Marcha normal	101
9.4.2 Trabajos especiales durante el uso y mantenimiento de la máquina o instalación, así como eliminación de averías en el curso del trabajo	102
9.4.3 Observaciones generales para los trabajos de mantenimiento	102
9.4.4 Desconexión de energías e identificación del estado	104
9.4.5 Reparaciones, trabajos de mantenimiento, rodaje y ajuste	105
9.4.6 Nueva conexión de la máquina o instalación	106
9.5 OBSERVACIONES SOBRE CLASES ESPECIALES DE RIESGOS	107
9.5.1 Energía eléctrica	107
9.5.2 Hidráulica y neumática	108
9.5.3 Aceites, grasas y otras sustancias químicas	109
9.5.4 Gas, polvo y humo	109
9.5.5 Vapor, aceite térmico y agua caliente	109

	<p>Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite</p>	<p>Índice de contenidos</p>
---	--	---------------------------------

9.5.6 Ruido	109
9.5.7 Energía por peso propio, fuerza elástica etc.	110
9.5.8 Transporte de equipos y partes de la instalación; equipos y partes de la instalación que pueden ser utilizados en diferentes lugares	110
9.6 MANEJO DE LOS SISTEMAS DE POLIURETANO	111
9.6.1 Generalidades	111
9.6.2 Riesgos debidos a componentes y aditivos	112
9.6.3 Sustancias adicionales y aditivos	113
9.6.4 Fabricación y tratamiento del poliuretano	114
9.6.5 Manejo de componentes PUR	114
9.6.6 Observaciones para la seguridad contra incendios	115
9.6.7 Eliminación de desechos	115
9.7 AMENAZAS GENERALES CAUSADAS POR MÁQUINAS/INSTALACIONES	115
9.7.1 Suministro, ensamblaje y fase de rodaje de la instalación	115
9.7.2 Fase de producción	116
9.7.3 Fase de eliminación (desguace) de la instalación	116
10.PRESUPUESTO	117
10.1 PRESUPUESTO DE LOS BIENES Y EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN DISEÑADA	117
10.2 PRESUPUESTO DEL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN DISEÑADA	120
11.CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS	125
11.1 CONCLUSIONES Y RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	125
11.2 DESARROLLOS FUTUROS	127
11.2.1 Reutilización de mermas de proceso	127
11.2.2 Adición de nuevas prensas	127
12.BIBLIOGRAFIA	128
13.ANEXOS	131
I. FICHA TÉCNICA DEL POLIOL	
II. FICHA TÉCNICA DEL ISOCIANATO	
III. FICHA TÉCNICA DEL PAPEL	



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Bandeja troquelada para piezas de automoción	1
Figura 1.2: Contenedor con tapa sobre pale de nido de abeja de papel	1
Figura 1.3 Panelado de nido de abeja de papel con fibra de vidrio bobinada mediante rodillos calefactados y hotmelt	6
Figura 1.4. Suelo de carga de Opel Corsa fabricado en Grudem S.L.U	7
Figura 1.5. Lámina de poliuretano de alta densidad sobre nido de abeja de papel	7
Figura 3.1. Material compuesto reforzado con partículas. Hormigón	11
Figura 3.2 Material compuesto reforzado con fibras.Kevlar	12
Figura 3.3. Bandeja de maletero de Audi A3	13
Figura 3.4. Suelo de carga de Opel Corsa	13
Figura 3.5. Estanterías de material composite recubierto con PVC	14
Figura 3.6. Nido de abeja ondulado	15
Figura 3.7. Nido de abeja expandido	16
Figura 3.8. Bobinas de "mat" de fibra de vidrio	19
Figura 3.9. Paneles con núcleo de nido de abeja y cobertura de "mat" de fibra de vidrio	20
Figura 3.10. Roving de fibra de vidrio	21
Figura 3.11. Robot de seis ejes manipulando panel de nido de abeja con "mat" de fibra de vidrio	25
Figura 3.12. Robot de seis ejes introduciendo el panel compuesto al molde	27
Figura 3.13. Reacción generalizada del poliuretano	31
Figura 3.14 Mecanismo de reacción de poliuretano catalizado mediante amina terciaria	33
Figura 3.15. Sillas fabricadas con espuma flexible de poliuretano	38
Figura 3.16. Pista de atletismo de poliuretano	39



Figura 3.17 Tablas de surf fabricadas con poliuretano	39
Figura 3.18 Empuñadura de poliuretano en raqueta Wilson	40
Figura 5.1. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 1.A	47
Figura 5.2. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 1.B	48
Figura 5.3. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 2.A	51
Figura 5.4. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 2.B	52
Figura 6.1. Diagrama de proceso de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite	57
Figura 7.1. Esquema general de la instalación diseñada	62
Figura 7.2. Portabobinas automático	64
Figura 7.3. Manipulador de desenrollado de bobina y transferencia de material	65
Figura 7.4. Estación de desenrollado, corte y colocación de coberturas y material de refuerzo	66
Figura 7.5. Mesa expansora de nido de abeja	67
Figura 7.6. Mesa de alimentación	68
Figura 7.7. Robot de aplicación de poliuretano y cabina de aspiración	69
Figura 7.8. Esquema de Robot antropomórfico de 6 ejes	70
Figura 7.9. Sistema de transferencia de material	71
Figura 7.10. Prensa de platos calientes	73
Figura 7.11. Esquema de la prensa	73
Figura 7.12. Módulo de cambio rápido de molde	74
Figura 7.13. Cabina eléctrica	75
Figura 7.14. Manipulador automático de descarga	76
Figura 7.15. Esquema de manipulador automático de descarga	76


	<div> <div>Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite</div> <div>Índice de figuras</div> </div>
---	--

Figura 7.16. Barreras de seguridad con fotocélula	77
Figura 7.17. Esquema de barreras de seguridad con fotocélula	78
Figura 7.18. Grupo de tanques atemperados	81
Figura 7.19. Bomba dosificadora	83
Figura 7.20. Esquema de línea de alimentación de fibra en hilos	87
Figura 7.21. Esquema de alimentación del sistema Roving	87
Figura 7.22. Sistema ecológico de limpieza del cabezal	89
Figura 9.1. Protectores acústicos individuales	110



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Consumo de poliuretano en función de su aplicación en Estados Unidos en 2004	37
Tabla 7.1. Componentes hidráulicos	78
Tabla 7.2. Componentes neumáticos	78
Tabla 7.3. Componentes eléctricos	79
Tabla 7.4. Características técnicas y componentes más importantes de la línea de aplicación de poliuretano	80
Tabla 7.5. Propiedades del cabezal	84
Tabla 7.6. Relaciones óptimas entre el material de refuerzo y el poliuretano aplicado	84
Tabla 10.1 Desglose del presupuesto de la instalación	117
Tabla 10.2 Resumen costes totales bienes y equipos	120
Tabla 10.3 Presupuesto de montaje de prueba de la instalación	121
Tabla 10.4 Presupuesto de montaje definitivo y puesta en marcha de la instalación	122
Tabla 10.5 Resumen costes totales bienes y equipos	123



1.- INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este capítulo es el de introducir al lector en el entorno en el que se ha realizado el proyecto y describir brevemente la estructura que va a seguir el mismo con el objetivo de guiarle y darle una orientación de la motivación de la realización del proyecto.

Grudem S.L.U nace en 1995 como empresa especializada en carpintería, pasando rápidamente a especializarse, como empresa pionera en España, en el diseño, desarrollo y fabricación de productos basados en estructuras de nido de abeja utilizando papel reciclado como principal materia prima. Las aplicaciones principales de estas estructuras son sistemas de embalaje y protección, incluyendo pales y contenedores.

El nido de abeja, debido a su estructura alveolar hexagonal, es el material más fuerte que se conoce en relación kilo de carga/kilo de material en esfuerzos a flexión y compresión.

Al utilizar como materia prima papel y adhesivos al agua, se asegura la reciclabilidad del mismo, reduciendo la utilización de recursos naturales y proporcionando un proceso de reciclado sencillo y económico.

El proceso de fabricación de los productos se divide principalmente en dos fases, la fabricación del nido de abeja de papel y el panelado del mismo con casi cualquier tipo de material que sea susceptible de ser bobinado.

A partir de este panel se pueden fabricar multitud de productos terminados tales como contenedores, bandejas troqueladas, tiras perfiladas para la protección de puertas y cristales, pales o los propios tableros como tales. Algunos ejemplos pueden verse en las figuras 1.1 y 1.2.



Figura 1.1 Bandeja troquelada para piezas de automoción



Figura 1.2 Contenedor con tapa sobre pale de nido de abeja de papel



A partir del año 2002, Grudem S.L.U se plantea la necesidad de fabricar productos que aporten un mayor valor añadido y que al mismo tiempo permitan a la empresa introducirse en otros sectores del mercado. Para cumplir este objetivo, se establece como criterio de partida que todos estos nuevos productos estén basados en la tecnología del nido de abeja de papel.

De este modo comienza un proyecto de investigación con la finalidad de encontrar aquellas aplicaciones en las cuales un producto basado en la tecnología del nido de abeja de papel pueda tener una buena aceptación en el mercado.

El primer paso fue buscar los materiales que pudieran ser más afines al nido de abeja de papel de modo que pudieran obtenerse productos ligeros con buenas propiedades mecánicas. Así, el desarrollo del proyecto se centraría en buscar nuevos materiales que, además de continuar garantizando los elevados parámetros habituales del nido de abeja en cuanto a ligereza y rigidez (resistencia a la compresión y a la flexión) fueran capaces de aportar prestaciones suficientes en cuanto a resistencia al punzonamiento y permeabilidad (principales carencias de este tipo de productos).

Para realizar esta primera búsqueda, se estudiaron diferentes materiales que pudieran constituir el relleno de la estructura interior del nido de abeja, considerando durante su evaluación factores como el peso específico, la compatibilidad química con el papel o su reciclabilidad.

Tras el análisis de estos primeros estudios, los tipos de materiales posibles a utilizar quedaron básicamente reducidos a dos clases, espumantes y arlitas (arcilla expandida) conformándose posteriormente una serie de prototipos básicos cuyas estructuras interiores de nido de abeja fueron rellenas por uno u otro material y caracterizándose su comportamiento real a partir de los correspondientes ensayos.

Los resultados obtenidos revelaron que los espumantes requerían un proceso de aplicación muy complejo y carecían de reciclabilidad, mientras que el problema de las arlitas fue que el aumento de peso que conllevaba su uso hizo que fueran desestimadas.

A medida que se fue evidenciando la inviabilidad de opciones dirigidas hacia el tratamiento interior de estructuras, se decidió cambiar el enfoque hacia la modificación exterior de los diseños. Se buscó sustituir el papel con el que se panelaba el nido de abeja por nuevos materiales con capacidad suficiente para alcanzar el cumplimiento de los parámetros propuestos como objetivos, teniendo siempre en cuenta su compatibilidad con los procesos de fabricación habituales en la empresa.



Tras el análisis de varios materiales, (opciones basadas en la madera, los polipropilenos o determinados tipos de resinas de poliuretano) se concluyó que serían las resinas de poliuretano las que podrían satisfacer las propiedades demandadas y de esta manera cumplir los objetivos. Las investigaciones tomaron como punto de partida ciertas experiencias de las principales empresas en la fabricación de poliuretano en la aplicación de poliuretano reforzado con fibra de vidrio sobre estructuras de nido de abeja.

Para la consecución de estas primeras combinaciones, dichas compañías se basaron principalmente en sus propias experiencias relativas a los componentes en las que estaban especializadas, los poliuretanos, quedando limitadas sus posibilidades en lo relativo al uso de estructura de nido de abeja. Por este motivo, estas primeras soluciones presentaban importantes carencias técnicas que reducían sensiblemente los parámetros de calidad y repercutían negativamente en el aspecto económico, pues impedía el desarrollo de productos que a la postre fueran realmente viables.

En este contexto se decidió centrar los objetivos del proyecto en el diseño de nuevas tipologías de estructuras con las que llegar a la solución de esta problemática. Se llegó a plantear el trabajar incluso en la creación interna del material compuesto, es decir, abordar el proyecto desde la raíz para definir los tipos y formas de poliuretano y fibra de vidrio óptimos a emplear, algo que hasta la fecha quedaba reservado a grandes fabricantes del sector. Se buscaba de esta manera el evitar la completa dependencia de los productos comerciales existentes a la hora de acometer nuevos diseños y encontrar de esta forma la libertad suficiente para desarrollar soluciones adaptadas a cada tipo de diseño, pero esta propuesta fue finalmente desestimada.

En aras de alcanzar los objetivos inicialmente planteados, las labores de I+D acometidas por Grudem S.L.U durante el 2005 se centraron en tres aspectos principales:

- 1) Ser capaces de diseñar piezas con espesores y dimensiones de celda reducidos (hasta límites hasta entonces no alcanzados) de manera que se pudieran obtener unos parámetros de rigidez superior que a su vez requirieran una cantidad de poliuretano sensiblemente inferior. De esta manera, la rigidez del conjunto sería conferida por la estructura de nido de abeja y papel y no por el poliuretano, permitiendo la fabricación de piezas de anchura y longitud superiores y reduciendo sensiblemente el coste de cada unidad.



- 2) Buscar un proceso asociado a la aplicación de la fibra de vidrio sobre el nido de abeja (previa a la aplicación del poliuretano) óptimo, versátil, rápido y adaptado a las tecnologías empleadas por la compañía. Dicho proceso debería permitir una elaboración automatizada de las nuevas estructuras con la que seguir garantizando su rigidez así como su eficiencia y economía.
- 3) Optimizar la cantidad de poliuretano a aplicar posteriormente sobre la fibra de vidrio con el objetivo de disminuir el peso por unidad, aspecto crítico en el coste final de cada pieza y muy importante en sectores como el de la automoción.

Los trabajos comenzaron con la determinación definitiva de los requerimientos básicos a cumplir por los nuevos diseños, siempre teniendo en cuenta para ello las propiedades a aportar por el nuevo material compuesto a utilizar, poliuretano con fibra de vidrio.

Se estudiaron diferentes tipos de poliuretanos en función de los parámetros de resistencia a alcanzar en cada caso y de las diferentes tipologías de fibra de vidrio a utilizar.

En lo que respecta a la fibra de vidrio, se valoraron las posibilidades de utilizar fibra de vidrio en material unifilo o en mantas de fibra de vidrio aglomeradas, eligiendo finalmente ésta última opción debido a la facilidad de aplicación de las mismas sobre el nido de abeja, al tratarse de un material bobinable y, por tanto, fácilmente adaptable a procesos existentes en la compañía.

De manera similar, se valoraron la aplicación por colada y por spray como formas más significativas de dosificación del poliuretano sobre la fibra de vidrio, ofreciendo la aplicación por esprayado resultados lo suficientemente positivos como para decantarse por ella, ya que proporcionaba un reparto de poliuretano mucho más homogéneo que la aplicación por colada del mismo.

De forma simultánea, se realizaron pruebas para verificar que el pH y los niveles de humedad de las estructuras habituales de la empresa eran lo suficientemente adecuados como para no producir el deterioro, principalmente debido a fenómenos de corrosión, de los nuevos materiales a combinar con el nido de abeja, obteniendo resultados satisfactorios en este sentido.

Se demostró también la existencia de cierta incompatibilidad entre los adhesivos empleados para la fijación de la fibra de vidrio a la estructura de nido de abeja y el poliuretano, por lo que tuvieron que realizarse análisis de posibles modificaciones a llevar a cabo sobre la composición de los dos materiales, con el objetivo de alcanzar un equilibrio entre ambos componentes que los hiciera totalmente compatibles.



Los resultados finales demostraron la viabilidad de la solución propuesta, que se basaría finalmente en la aplicación por spray de poliuretano sobre mantas de fibra de vidrio en relación 1:1, con el fin de cubrir totalmente la superficie de fibra, pasando ésta después por una prensa con temperatura controlada de la cual, y a través de los moldes específicamente diseñados según la geometría y las dimensiones, se obtendrían las piezas definitivas.

A medida que avanzaban las investigaciones sobre la utilización de nuevos materiales, se fueron determinando las modificaciones necesarias de los procesos existentes en la compañía con el objetivo de demostrar la viabilidad desde el punto de vista fabril de la introducción de los nuevos diseños que se fueron alcanzando. De esta forma, se logró una estructura de nido de abeja de dimensiones sensiblemente inferiores a las estándar fabricadas por la compañía (reduciéndose el espesor mínimo de la estructura de 10 a 5 mm y el diámetro mínimo de las celdas de 10 a 7 mm) consiguiendo de esta manera aumentar la rigidez de las piezas finales facilitando además la aplicación del poliuretano sobre éstas.

Llegados a este punto del proyecto, se siguió profundizando en el desarrollo de los primeros prototipos en base a las labores paralelas de definición de las tecnologías de proceso atendiendo a dos fases claramente diferenciadas: la aplicación de la fibra de vidrio bobinada mediante el uso de encoladoras, paneladoras y hornos convencionales y la aplicación de poliuretano sobre la fibra mediante nuevos medios automatizados.

Tras las primeras pruebas, se presentaron como principales inconvenientes la aparición con relativa frecuencia de discontinuidades y roturas en la fibra, debido principalmente a la ausencia de agentes ligantes en ésta y al vapor generado en los hornos de curado del adhesivo utilizado para la unión de la estructura de nido de abeja con la fibra de vidrio.

Para solventar esta problemática se decidió sustituir el adhesivo al agua hasta entonces utilizado por adhesivos termofusibles con base de poliuretano (hotmelts). Al requerir estos adhesivos una temperatura sensiblemente inferior a la de los adhesivos al agua, se pudieron eliminar los hornos de calentamiento, sustituyendo esta operación por una operación de encolado con rodillos calefactados que originaba una unión prácticamente instantánea sin necesidad de calentamientos posteriores. Este proceso queda ilustrado en la figura 1.3.



Figura 1.3 Panelado de nido de abeja de papel con fibra de vidrio bobinada mediante rodillos calefactados y hotmelt.

El paso siguiente fue el inicio de las labores de ingeniería de una instalación que debería integrar tanto la aplicación por spray del poliuretano como el prensado y corte para la obtención de las piezas definitivas.

En la actualidad, estas piezas se fabrican mediante una espuma rígida de poliuretano de alta densidad, con estructura interna formada por un sándwich de papel en forma de nido de abeja con coberturas de fibra de vidrio. Este sándwich de nido de abeja y fibra de vidrio es fabricado también en Grudem S.L.U panelando el nido de abeja con coberturas de un “mat” de fibra de vidrio mediante el uso de un adhesivo con base de poliuretano (hotmelt). La pieza adquiere su forma definitiva en una operación final de moldeo según la cual el poliuretano penetra a través de la fibra de vidrio uniéndose al papel que configura el nido de abeja. Se obtienen mediante este proceso piezas ligeras y con buenas propiedades mecánicas, capaces de soportar grandes esfuerzos tanto a flexión como a compresión.

Dadas las buenas propiedades mecánicas y el ligero peso de este material en comparación con su alta resistencia, el campo de aplicación del mismo es muy amplio. En la actualidad, las piezas fabricadas en Grudem S.L.U se utilizan como suelos de carga en automóviles, cumpliendo las especificaciones técnicas de un sector tan exigente como el de la automoción. Puede verse un ejemplo de bandeja de poliuretano terminada en la figura 1.4.



Figura 1.4. Suelo de carga de Opel Corsa
fabricado en Grudem S.L.U.

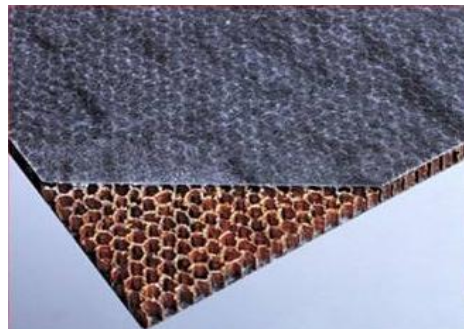


Figura 1.5. Lámina de poliuretano de alta
densidad sobre nido de abeja de papel

Partiendo del conocimiento acumulado por la compañía en este tipo de tecnología desde 2002 y con el objetivo de aumentar el campo de aplicación de la misma a otros sectores, se comenzó la búsqueda de nuevas aplicaciones de la tecnología en diferentes utilidades y productos.

Como resultado de la búsqueda de nuevas aplicaciones se detectaron una serie de puntos críticos tanto del producto como del proceso de fabricación actual.

La línea de fabricación existente en la actualidad es muy rígida, dado que no permite la utilización de diferentes tipos de materiales como núcleo ni como refuerzo así como no permite la colocación de materiales de recubrimiento de las piezas en el mismo proceso.

Otra de las restricciones que ofrece la línea de fabricación existente es la imposibilidad de fabricar piezas de grandes dimensiones debidas tanto al tamaño de la prensa existente como a la operación de aplicación de poliuretano.

Con la finalidad de emplear esta tecnología para aplicaciones alternativas al sector de la automoción, este proyecto realizará el diseño, desarrollo e implantación de una nueva línea de fabricación capaz de fabricar piezas de material composite de grandes dimensiones con diferentes tipos de núcleos (diferentes tipos de nido de abeja, materiales reciclados, etc.), materiales de refuerzo (fibras naturales, fibra de vidrio) y coberturas (Dm, formica, textiles, etc.) tratando siempre de automatizar el mayor número de operaciones y maximizar el rendimiento de la misma así como de corregir los problemas que presentan las actuales líneas de fabricación.

Tras la introducción realizada se pasará a exponer los objetivos que se desean cumplir con la realización de éste proyecto. Una vez expuestos los mismos se



expondrán los capítulos dedicados al estado del arte así como a la teoría necesaria para la plena comprensión del proyecto.

Tras los capítulos teóricos se pasará a los capítulos más relacionados con el desarrollo del proyecto.

Primero se presentarán los requerimientos planteados por Grudem S.L.U para la fabricación de piezas de poliuretano de grandes dimensiones con diferentes núcleos y coberturas.

Una vez expuestos los requerimientos se plantearán las posibles alternativas para el cumplimiento de éstos así como el cumplimiento de los objetivos iniciales del proyecto, eligiendo y justificando la alternativa más adecuada en función de las ventajas e inconvenientes que se desprenden de cada una de ellas.

Se realizará a continuación una descripción más detallada del proceso que motiva la ejecución de la instalación y que habrá de realizar la fabricación de piezas moldeadas según la alternativa elegida.

Una vez descrito el proceso se pasará a realizar una descripción más detallada de la instalación. A continuación se realizará el diseño, se mencionaran las normas de manejo y seguridad de la misma y se presupuestará.

Una vez descrito el proyecto se evaluará el resultado del mismo y se plantearán desarrollos futuros y posibles mejoras de las actuales líneas de fabricación.

Por último se añadirán anexos relativos a las fichas técnicas de las materias primas más importantes utilizadas en el proceso de producción.



2.- OBJETIVO DEL PROYECTO.

En este capítulo se expone el objetivo que se persigue con la realización del proyecto.

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite que satisfagan las demandas de las diferentes aplicaciones que pueden encontrarse en el mercado.

La instalación permitirá el uso de diferentes tipos de núcleos para las piezas de material composite, como son las posibles variantes de nido de abeja de papel o nido de abeja de otros materiales siempre y cuando estos sean suministrados a la instalación en continuo. Del mismo modo se podrán emplear diferentes materiales de refuerzo como son las diferentes variantes de fibra de vidrio ("mat" de fibra de vidrio, hilo troceado, fibra tejida, etc.) o fibras naturales.

Se definirá un cabezal de aplicación de poliuretano capaz de emplear dos tipos diferentes de polioli para las aplicaciones que lo requieran (poliuretanos aglomerantes y poliuretanos de acabado). Por último la instalación ofrecerá la posibilidad de fabricar piezas ya acabadas cuando se requiera, es decir, en el mismo proceso de fabricación la instalación dispondrá de los automatismos necesarios para colocar diferentes materiales de cobertura en ambos lados de la pieza.

Además de lo anteriormente expuesto, la instalación posibilitará la fabricación de piezas de grandes dimensiones de forma que la tecnología de material composite sea una alternativa a las aplicaciones ya existentes de gran tamaño y mayor peso.



3.- ESTADO DEL ARTE.

Este capítulo trata de introducir al lector en los aspectos más importantes de la fabricación de piezas mediante el uso de esta tecnología así como de las aplicaciones de estos sistemas y los procesos más comunes que se utilizan en la actualidad para la fabricación de piezas de material composite. También se realiza en este capítulo una breve introducción a los materiales compuestos y una descripción detallada del poliuretano.

En ciencia de materiales reciben el nombre de materiales compuestos aquellos que cumplen las siguientes propiedades:

- Están formados por dos o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente. ⁽¹⁾
- Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfase. ⁽¹⁾
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia). ⁽¹⁾

El material compuesto más antiguo conocido es el formado por paja y barro que se utilizaba en la antigüedad para la fabricación de ladrillo. Ya el libro bíblico "Éxodo" habla de los israelitas oprimidos por Paraoh forzados a fabricar ladrillos sin paja. Este método de fabricación de ladrillo puede aún apreciarse en las pinturas de las tumbas egipcias que se conservan en el Metropolitan Museum of Art de Nueva York. ⁽²⁾

Los materiales compuestos más modernos que se utilizan en la actualidad tienen su aplicación en la industria aeroespacial.

Estos materiales nacen de la necesidad de obtener materiales que combinen las propiedades de los cerámicos, los plásticos y los metales. Por ejemplo en la industria del transporte son necesarios materiales ligeros, rígidos, resistentes al impacto y que resistan bien la corrosión y el desgaste, propiedades que rara vez se dan juntas.

A pesar de haberse obtenido materiales con unas propiedades excepcionales, las aplicaciones prácticas se ven reducidas por algunos factores que aumentan mucho su coste, como la dificultad de fabricación o la incompatibilidad entre materiales.

Aunque existen una gran variedad de materiales compuestos, en todos se pueden distinguir las siguientes partes:



- **Agente reforzante:** es una fase de carácter discreto y su geometría es fundamental a la hora de definir las propiedades mecánicas del material. ⁽¹⁾
- **Fase matriz o núcleo:** tiene carácter continuo y es la responsable de las propiedades físicas y químicas. Transmite los esfuerzos al agente reforzante. También lo protege y da cohesión al material. ⁽¹⁾

Los materiales compuestos se pueden dividir en tres grandes grupos: ⁽¹⁾

1) Materiales Compuestos reforzados con partículas:

Este tipo de materiales están compuestos por partículas de un material duro y frágil dispersas discreta y uniformemente, rodeadas por una matriz más blanda y dúctil.

Las ventajas de este tipo de materiales son, principalmente, su menor coste, su alta rigidez y resistencia y la fabricación más sencilla.

Las matrices más utilizadas en este tipo de materiales son el aluminio, el magnesio y el titanio, mientras que las partículas de refuerzo más comunes son el SiC y el Al_2O_3 .

Este tipo de materiales compuestos se utilizan, por ejemplo, en los discos de frenos de los automóviles debido a su buena resistencia al desgaste y a su elevada conductividad térmica. El material compuesto reforzado con partículas de uso más extendido es el hormigón (ver figura 3.1)



Figura 3.1. Material compuesto reforzado con partículas. Hormigón.



2) Materiales Compuestos reforzados con fibras.

Este tipo de materiales compuestos están formados por dos componentes fundamentales: un agente reforzante, como una fibra fuerte (fibra de vidrio, cuarzo, kevlar, Dyneema o fibra de carbono), que proporciona al material fuerza a tracción, y un segundo componente (llamado matriz o núcleo) que suele ser una resina como epoxy o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión. También, a menos que la matriz elegida sea especialmente flexible, evita el pandeo de las fibras por compresión. Algunos compuestos utilizan un agregado en lugar de, o en adición a las fibras.

En términos de fuerza, las fibras (responsables de las propiedades mecánicas) sirven para resistir la tracción, la matriz (responsable de las propiedades físicas y químicas) para resistir las deformaciones, y todos los materiales presentes sirven para resistir la compresión, incluyendo cualquier agregado.

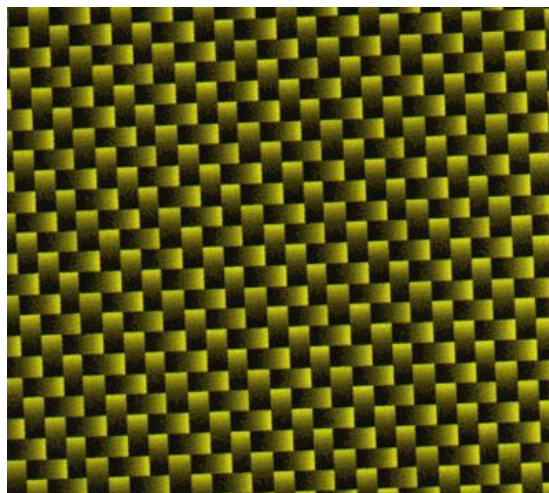


Figura 3.2 Material compuesto reforzado con fibras. Kevlar

3) Materiales compuestos estructurales.

Están formados tanto por composites como por materiales sencillos y sus propiedades dependen fundamentalmente de la geometría y de su diseño. Los más abundantes son los laminares y los llamados paneles sándwich. ⁽³⁾

Los laminares están formados por paneles unidos entre sí por algún tipo de adhesivo o aglomerante. Lo más usual es que cada lámina esté reforzada con fibras y tenga una dirección preferente, más resistente a los esfuerzos. De esta manera se obtiene un material isótropo, uniendo varias capas marcadamente anisótropas. Es el caso, por ejemplo, de la madera



contrachapada, en la que las direcciones de máxima resistencia forman entre sí ángulos rectos.

Los paneles sándwich consisten en dos láminas exteriores de elevada dureza y resistencia (normalmente plásticos reforzados, aluminio o incluso titanio), separadas por un material menos denso y menos resistente, (polímeros espumosos, cauchos sintéticos, madera balsa o cementos inorgánicos).

Estos materiales se utilizan con frecuencia en construcción, en la industria aeronáutica y en la fabricación de condensadores eléctricos multicapas.

Uno de los materiales compuestos con mayor aplicación en la actualidad en la industrial de la automoción es el formado por un sándwich de nido de abeja de papel y fibra de vidrio con poliuretano como agente aglomerante.

La tecnología del poliuretano combinada con núcleo de nido de abeja y materiales de refuerzo permite obtener cualquier geometría propia del proceso de moldeo convencional.

Existen hoy en día múltiples aplicaciones para este tipo de tecnología. Para el caso concreto de espumas rígidas de poliuretano se emplean fundamentalmente, dadas las buenas propiedades mecánicas de las piezas fabricadas mediante el uso de esta tecnología, en el sector de la automoción.

Así, en la fabricación de piezas como bandejas de maletero (Figura 3.3), suelos de carga (Figura 3.4), recubrimientos de maletero, recubrimientos de techos o paneles interiores de automóviles, se utilizan varios sistemas de poliuretano diferentes, principalmente distinguidos por su densidad.



Figura 3.3. Bandeja de maletero de Audi A3



Figura 3.4. Suelo de carga de Opel Corsa

Más recientemente se está también empezando a utilizar esta tecnología en la fabricación de elementos de mobiliario como el mostrado en la figura 3.5



Figura 3.5. Estanterías de material composite recubierto con PVC

Las piezas moldeadas de material composite basadas en sistemas de espuma de poliuretano que se fabrican en la actualidad están compuestas de tres partes bien diferenciadas: el núcleo, el material de refuerzo y el aglomerante.

A continuación se realiza una descripción de cada una de estas partes así como las alternativas existentes y los procesos de fabricación asociados a cada una de ellas. Se describe también la operación de moldeo mediante la cual se realiza la unión de estas partes entre sí.

1) Núcleo

El núcleo es el soporte de la pieza sobre el cual se aplican el material de refuerzo y el aglomerante.

El núcleo de las piezas de material composite suele estar compuesto por nido de abeja de papel en sus diferentes variantes. Se distinguen dos tipos fundamentalmente: el nido de abeja ondulado y el nido de abeja expandido.

El nido de abeja ondulado (Figura 3.4) es una estructura alveolar formada por tiras de núcleo ondulado o trapezoidal dispuestas paralelamente entre sí que, en general, se fabrica en paneles, por lo que no es necesario ningún proceso posterior de expansión.

Con este tipo de nido se pueden fabricar celdas de tamaño muy reducido, lo que le confieren unas muy buenas propiedades mecánicas. Además, también es relativamente sencillo el fabricar espesores muy pequeños, lo que puede significar una gran ventaja en determinadas aplicaciones.

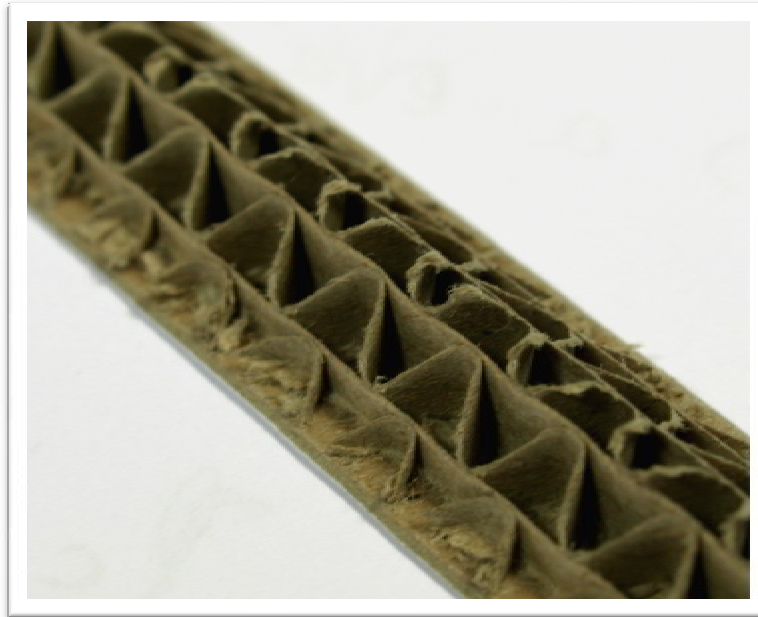


Figura 3.6. Nido de abeja ondulado

Pueden destacarse tres inconvenientes fundamentales derivados del uso de este tipo de estructura; primero, el hecho de que el nido no se expanda una vez fabricado representa una gran repercusión en el coste del material, pues se ocupa mucho más espacio en su transporte y la repercusión del coste del transporte por kilo de material en el precio final es mucho mayor a la del nido de abeja expandido. El segundo inconveniente que presenta este tipo de nido de abeja es que para aplicaciones que no requieren altas resistencias mecánicas no existe la posibilidad de aumentar el tamaño de la celda del nido de abeja de manera que se pueda reducir la cantidad de papel por metro cuadrado, siendo este tipo de estructura demasiado cara y pesada para aplicaciones con requerimientos mecánicos bajos. La tercera desventaja de este material en relación al nido de abeja ondulado es que las posibilidades de doblar u ondular este tipo de nido de abeja son muy reducidas debido a su alta rigidez.

El nido de abeja expandido (Figura 3.7) es el de más común utilización. Es también una estructura alveolar, pero a diferencia del ondulado, su disposición es hexagonal. La gran diferencia con el nido de abeja ondulado reside en el hecho de que éste último se fabrica en paneles mientras que el nido de abeja expandido se fabrica en continuo para su posterior expansión.



Figura 3.7. Nido de abeja expandido

El nido de abeja expandido es, en comparación con el ondulado, mucho más barato de transportar. Además, tiene una gran versatilidad en cuanto al tamaño de las celdas, lo que permite ajustar el tamaño de éstas a los requerimientos de la aplicación para la que se vaya a fabricar, de manera que se optimiza el coste del material utilizado.

El mayor inconveniente que presenta este tipo de estructura frente a la ondulada es su menor resistencia mecánica, no pudiéndose alcanzar propiedades mecánicas tan buenas como con la estructura ondulada.

Las propiedades mecánicas del nido de abeja vienen determinadas por tres parámetros.

- **Espesor o alma:** El espesor del nido de abeja es variable, con un rango entre los 5 y 100 mm. La resistencia a flexión viene determinada por este parámetro, aumentando ésta con el aumento del espesor del nido de abeja.
- **Tamaño de la celda:** El tamaño de la celda es el diámetro de la circunferencia circunscrita en el hexágono formado por la estructura de nido de abeja y es también variable. Las propiedades mecánicas del nido de abeja mejoran con la disminución del tamaño de la celda con la que ha sido fabricado.



- ***Peso por unidad de superficie o gramaje del papel:*** El gramaje del papel utilizado en la fabricación del nido de abeja puede ser de 112, 127 o 150 gramos por metro cuadrado. Las propiedades mecánicas mejoran con el aumento de gramaje de papel, sin embargo, el proceso de fabricación es más complejo, pues los altos gramajes de papel dificultan tanto el corte como la expansión del nido.

Mediante el uso de una estructura en forma de nido de abeja se consigue una estructura resistente de gran ligereza, que constituye el núcleo del panel de material compuesto. Como referencia en el diseño de las piezas finales, se debe tener en cuenta que el espesor del nido de abeja empleado debe ser igual al espesor final del soporte de la pieza.

El nido de abeja expandido es una estructura alveolar hexagonal de papel fabricado mediante un proceso continuo. En el proceso de fabricación más habitual, ocho bobinas de papel se colocan en unos portabobinas que disponen de un freno que permite la circulación del material. Estas ocho capas de papel se unen mediante hilos de cola al agua compuesta de poliacetato de vinilo de forma alternada. A continuación se realiza una operación de corte en la que una cuchilla de acero templado situada sobre una mesa con un sistema de tracción excéntrico realiza un corte por cizalla de boques de 8 capas de papel, obteniendo de ésta manera la geometría final hexagonal característica del nido de abeja.

Para aplicar los hilos adhesivos alternos se emplean unos encoladores formados por unos tubos de acero perforados. La distancia entre los agujeros por los que salen los hilos de cola determina el tamaño final del hexágono de la estructura de nido de abeja.

En la operación final de corte se puede regular la altura de la cuchilla, consiguiendo de este modo controlar el espesor del nido de abeja.

Para el caso del nido de abeja ondulado el proceso de fabricación comienza con la fabricación de cartón ondulado tradicional. Una vez fabricados los paneles de cartón ondulado estos se pegan entre sí y se cortan al espesor deseado. En esencia, se trata de láminas de cartón ondulado unidas entre sí mediante adhesivos al agua.

2) Material de refuerzo

Sobre el núcleo de nido de abeja se aplica un material de refuerzo. El material de refuerzo más común es la fibra de vidrio en todas sus variantes aunque en lugar de ésta pueden usarse otros materiales de refuerzo, como las fibras naturales, que ofrecen una menor resistencia mecánica a igualdad de peso por unidad de longitud pero retienen mejor los aglomerantes. Este tipo de fibras son más ecológicas y menos incómodas para los operarios.



La fibra de vidrio es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinerette) y que al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra. ⁽⁴⁾

Sus tres principales propiedades son que es buen aislante térmico, es inerte ante ácidos y además soporta altas temperaturas. Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, han dado a la fibra de vidrio popularidad en muchas aplicaciones industriales. Las características del material permiten que la fibra de vidrio sea moldeable con mínimos recursos, la habilidad artesana suele ser suficiente para la autoconstrucción de piezas de bricolaje tales como kayak, cascos de veleros, terminaciones de tablas de surf o esculturas, etc.

Ha de tenerse en cuenta que los compuestos químicos con los que se trabaja en su moldeo dañan la salud, pudiendo producir cáncer, existiendo guías que describen el procedimiento de fabricación y moldeo en fibra de vidrio adecuado.

La fibra de vidrio, también es usada para la fabricación de los cables de fibra óptica utilizados en el mundo de las telecomunicaciones para transmitir señales lumínicas, producidas por láser o LEDs. También se utiliza habitualmente como aislante térmico en la construcción, en modo de mantas o paneles de unos pocos centímetros.

Existen varios tipos de fibra, que, según su estructura, pueden clasificarse en Roving, mats y velos.

El “mat” de fibra de vidrio (Figura 3.8) es una lámina formada por hilos cortos unidos mediante ligante en polvo que cumple dos funciones en la pieza final. Por un lado, aporta la rigidez necesaria a la pieza final, de este modo, cuanto mayor sea el peso por unidad de superficie de la fibra empleada, mayor será la resistencia de la pieza. Por otro lado, la fibra de vidrio es el medio soporte para el poliuretano, ya que lo retiene cuando éste se encuentra en estado líquido e impide que se introduzca en los agujeros del nido de abeja.



Figura 3.8. Bobinas de "mat" de fibra de vidrio

En el proceso actual de fabricación de piezas de material composite, la fabricación del panel de fibra de vidrio con núcleo de nido de abeja se realiza en una segunda línea de trabajo en continuo.

El "mat" de fibra de vidrio se une al nido de abeja mediante un adhesivo termofusible en una máquina de panelar. En un extremo de la línea se colocan las dos bobinas de "mat" de fibra de vidrio que se van deslaminando a la misma velocidad a la que el nido de abeja recorre la línea. Mediante unos rodillos se aplica el adhesivo termofusible sobre el nido de abeja. Para aplicar el adhesivo, es necesario calentarlo antes a unos 140 °C y conducirlo hasta los rodillos. Posteriormente, se coloca una cobertura de "mat" de fibra de vidrio a cada lado del nido de abeja sobre el que se ha aplicado el adhesivo termofusible. Finalmente los paneles se cortan según las medidas que se precisen. En la figura 3.9 se puede apreciar un ejemplo de este tipo de paneles.



Figura 3.9. Paneles con núcleo de nido de abeja y cobertura de "mat" de fibra de vidrio

El tipo de adhesivo empleado debe estar compuesto por una base de poliuretano, de modo que se eviten interferencias posteriores con el sistema de poliuretano aplicado sobre el panel en la operación posterior.

Los pesos por unidad de superficie de fibra de vidrio empleados en la actualidad son 300, 450 y 600 g/m². La fibra de vidrio con un gramaje inferior a 300 g/m² no es lo suficientemente tupida y genera pequeños agujeros en la pieza, no siendo aceptable el final. Los gramajes de fibra de vidrio superiores a los 600 g/m² obligan a aplicar una cantidad muy alta de poliuretano, encareciendo mucho el producto final.

Otro método de aplicación del material de refuerzo sobre el núcleo es el Roving (ver figura 3.10). En esta operación la fibra se alimenta en hilos a un cabezal que la va cortando y aplicando sobre el núcleo de la pieza. Como ventaja de este método de aplicación se puede resaltar su menor coste, pues la fibra en hilos es más barata que la fibra en "mat", pero las paradas por avería se multiplican y el peso de las piezas finales aumenta en torno a un 30%, lo que la convierte en inadmisibles en procesos de fabricación de piezas ligeras.



Figura 3.10. Roving de fibra de vidrio

Los velos de fibra son un tejido de fibras de bajo gramaje (en torno a 80 g/m²) que se usan principalmente cuando es necesario utilizar el material de refuerzo como un primer soporte para la posterior aplicación de poliuretano. Estos velos de fibra tienen otras muchas aplicaciones, tales como el refuerzo en la impermeabilización de superficies o el acabado de las mismas.

3) Aglomerante

Todos los materiales compuestos cuentan en su composición con un aglomerante cuya función es unir el núcleo del mismo con el material de refuerzo utilizado además de conferir al material compuesto final diversas propiedades tales como impermeabilidad o resistencia al punzonamiento (entre otras).

El aglomerante utilizado para la fabricación de piezas de material composite está basado en sistemas de poliuretano.

El poliuretano (PU) es un polímero que se obtiene mediante condensación de polioles combinados con poliisocianatos. Se subdivide en dos grandes grupos, termoestables y termoplásticos.

Los poliuretanos termoestables más habituales son espumas, muy utilizadas como aislantes térmicos y como espumas resilientes, pero también hay poliuretanos que son elastómeros, adhesivos y selladores de alto rendimiento, utilizados principalmente en pinturas, fibras, sellantes para embalajes, juntas, preservativos, componentes de automóvil y en la industria de la construcción y del mueble.



Su formulación se basa en polioles de bajo número de hidroxilo (OH) combinados con isocianatos de bajo contenido en grupos funcionales (NCO), unido a propelentes especiales y una cantidad exactamente medida de agua. La fórmula esta estequiométricamente diseñada para lograr un material (espumado o no) de curado rápido y con una densidad entre 18 y 1500 kg/m³.

Algunas aplicaciones de poliuretanos flexibles abarcan la industria de paquetería, en la que se usan poliuretanos anti-impacto para embalajes de piezas delicadas. Su principal característica es que son de celdas abiertas y baja densidad (12-15 kg/m³).

También existen los poliuretanos rígidos de densidad 30-50 kg/m³, utilizados como aislantes térmicos.

La capacidad de aislamiento térmico del poliuretano se debe al gas aprisionado en las celdas cerradas del entramado del polímero.

Una variedad de los poliuretanos rígidos son los poliuretanos Spray, que son formulaciones de alta velocidad de reacción, usados en revestimientos sujetos a la fuerza de gravedad, tales como aislamientos de edificios, estanques de almacenamiento e incluso tubos o cañerías.

Otra variedad de poliuretanos rígidos son los poliuretanos PIR, que son usados en el revestimiento de cañerías que conducen fluidos a alta temperatura en zonas extremadamente húmedas. Su principal característica es la naturaleza ureica del polímero.

Los Poliuretanos rígidos de densidad más elevada (150-1200 kg/m³) (RIM, Reaction Injection Molding) son usados para elaborar componentes de automóviles, yates, muebles y decorados.

El poliuretano es por lo general la mezcla de dos componentes o sistema bicomponente, el A y el B, en una proporción estequiométricamente definida. Existen, además, poliuretanos monocomponente, usados fundamentalmente en la industria de la construcción.

El componente A es el Polioli: una mezcla cuidadosamente formulada y balanceada de glicoles (alcoholes de elevado peso molecular). Se encuentran en mezcla con agentes espumantes y otros aditivos tales como aminas, siliconas, agua, propelentes y catalizadores organometálicos; condicionan la reacción y dan las características a la espuma final. La apariencia es como miel viscosa y puede tener un fuerte olor amoniacal.

El componente B es una mezcla de Isocianatos, a veces prepolimerizados (pre-iniciado), con un contenido de grupos NCO que puede variar desde el 18 al 35% en funcionalidad. Algunos son color café, muy viscosos y otros son casi transparentes y fluidos. En ocasiones son mantenidos en atmósfera seca de



nitrógeno. Tienen además propiedades adhesivas muy apreciadas, por lo que también sirven de aglomerantes para fabricar bloques poli-material.

La reactividad se puede observar en una simple inspección visual y, en el caso de las espumas, está dividida en los siguientes tiempos, medidos en segundos:

- **Tiempo de crema:** 5 - 15 s. Formación de monómeros y polímeros.
- **Tiempo de hilo:** 30 - 70 s. Estructuración, formación de redes cristalinas.
- **Tiempo de subida:** Finalización de la expansión.
- **Tacto Libre:** 10 - 50 s. Formación de piel, finalización de la reacción. La superficie del material deja de ser adhesiva.

El isocianato y el poliol, al mezclarse, ocasionan una serie de reacciones químicas que conducen a enlaces de uretanos, poliuretanos, alofanatos, ureas modificadas, cianatos, prepolímeros etc. En total unas 17 reacciones químicas simultáneas, en que el paquete de catalizadores hace que se tome una dirección preferente u otra.

Se genera una exotermia que puede elevar la temperatura hasta más de 100°C, que hace que el propelente en disolución en el poliol se convierta en un gas. La reacción de isocianato con agua genera dióxido de carbono. Por el calor generado, parte del agua se convierte en vapor. Todo esto hace que expanda la mezcla, formándose pequeñas celdas después del gelado o cremado. Aunque las celdas de CO₂ son parte del reticulado, se entremezclan con las que contienen fluorocarbonos para efectos de estabilidad dimensional.

Algunos polioles llevan componentes antiplama que hace que sean no-comburentes o no-inflamables. En algunos países es obligatorio el uso de este componente para determinadas aplicaciones, y son clasificados bajo normas de seguridad.

Las celdas se van formando a medida que se alcanza el tiempo de hilo, para finalizar en el tiempo de tack-free (tacto libre).

Los propelentes son fluorocarbonos modificados ecológicamente tales como el R-141 B, el R-245FA, o el ciclopentano, que cumplen el Protocolo de Montreal para la preservación de la capa de Ozono atmosférico. Evidentemente también se utiliza agua y, en menor medida, dióxido de carbono. El freón-11 (R-11), así como otros organoclorados fueron descartados hace años debido a su incidencia en la capa de Ozono.

Al terminar la reacción química, la espuma de poliuretano contiene millones de celdas irregulares, que, según sea la formulación usada, son las que al final dan las características de aislamiento térmico, resiliencia, acústicas, mecánicas, etc.



La estabilidad dimensional es un aspecto muy importante en la calidad de la espuma formada: muchas veces ha sucedido que fórmulas de polioles mal balanceadas, exceso de agua, o mezclas poliol/isocianato deficientes, produzcan una contracción del polímero, pandeándose y perdiendo su forma.

La mezcla poliol/isocianato debe ser estequiométricamente balanceada. En general la mezcla está en un 10% sobre lo estequiométrico para mayor seguridad; una mezcla mayor en poliol y menor en Isocianato lleva a espumas blandas e inestables, mientras un exceso de isocianatos conduce a espumas ureicas (Poliuretanos PIR).

Existen infinidad de sistemas de poliuretano en función de los requerimientos del producto a fabricar. Se pueden encontrar tanto poliuretanos rígidos para automoción como ignífugos para la fabricación de paneles para techos, sistemas para aislamiento térmico en camiones frigoríficos o sistemas para insonorización acústica. ⁽⁵⁾

El principal mercado para los sistemas de espuma de poliuretano rígida es el de la industria del aislamiento térmico (Refrigeradores, etc.) y, en segundo lugar, el de las industrias de los productos flexibles (colchones, asientos, etc.) Un porcentaje menor se usa para moldeo de piezas de automóviles, partes de vehículos, elementos de decoración, etc., productos, estos últimos, del alcance de este proyecto.

El sistema empleado para la fabricación de piezas de automoción que se utiliza en la actualidad en Grudem S.L.U es un sistema de espuma de poliuretano rígida que se aplica sobre las piezas mediante un cabezal de mezcla a alta presión que combina los dos componentes del poliuretano (poliol e isocianato).

Existen en la actualidad varios procesos para la aplicación de poliuretano sobre los paneles de fibra con núcleo de nido de abeja. El más común es en el que el poliuretano se aplica sobre los paneles en una instalación independiente mediante el uso de un robot de 6 ejes y un cabezal de mezcla de componentes fijo.

El proceso de aplicación de poliuretano sobre los paneles mediante este proceso puede describirse en los siguientes pasos: Primero, el panel de nido de abeja y coberturas de fibra de vidrio se coloca sobre la mesa de alimentación de la instalación, a continuación, un robot antropomórfico de 6 ejes coge el panel por sus extremos y lo sostiene mediante unas garras desplazándolo debajo del cabezal fijo de mezcla de componentes (Figura 3.11), que aplica el poliuretano sobre el panel siguiendo unas trayectorias previamente programadas.



Figura 3.11. Robot de seis ejes manipulando panel de nido de abeja con "mat" de fibra de vidrio.

La cantidad de poliuretano que se debe aplicar a cada pieza depende de dos factores.

En primer lugar, de la cantidad de fibra de vidrio del panel a partir del cual se fabrica la pieza final. Dado que el poliuretano debe penetrar a través de la fibra de vidrio, cuanto mayor sea el gramaje de la misma, mayor será su espesor y por lo tanto mayor deberá ser la cantidad de poliuretano necesaria. Teóricamente, para superficies planas, la proporción en peso entre la fibra de vidrio y el poliuretano debe ser 1 a 1, es decir, por cada gramo de fibra de vidrio se deberá aplicar un gramo de poliuretano.

En segundo lugar, la cantidad de poliuretano dependerá de la geometría de la pieza. Las aristas, cambios de curvatura, formas geométricas, etc. requieren una mayor cantidad de poliuretano que las superficies planas.

El programa que determina el recorrido del robot bajo el cabezal se diseña específicamente para cada geometría de pieza. Para cada zona de la pieza se define una velocidad del robot y un caudal de aplicación de poliuretano, de este modo se puede ajustar la cantidad de material que se aplica a cada zona del panel. Se puede aplicar más material en las aristas o en las geometrías que lo requieran y menos material en las zonas planas. Se pueden evitar, mediante la optimización de estos parámetros, los defectos producidos por la falta de material en zonas determinadas de la pieza sin necesidad de aumentar el caudal de aplicación en toda la pieza o disminuir la velocidad del robot prolongando el ciclo de fabricación.



Desde un autómatas se regula el caudal que es necesario aplicar sobre el panel y el resto de los parámetros que afectan a la aplicación del poliuretano tales como son las temperaturas y presiones de aplicación del material en el cabezal, los caudales de aplicación, el número de disparos, la temperatura del material en los depósitos de atemperado, tiempos de espera del robot, proporción de isocianato con respecto al polioliol, etc. En definitiva, todos los parámetros que afectan al proceso.

La otra variante de proceso más importante se distingue de la anterior en que el cabezal de mezcla de isocianato y polioliol no se encuentra fijo, sino que se encuentra instalado sobre el robot de 6 ejes.

En este proceso un robot coge el panel de la mesa de alimentación y lo sitúa en posición vertical entre dos robots antropomórficos que cuentan con sendos cabezales de mezcla de componentes instalados. Estos robots aplican el poliuretano sobre el panel por ambos lados de la cara a la vez que aplican refuerzo de fibra de vidrio mediante el uso del sistema de Roving instalado en el cabezal de mezcla.

Al igual que en el caso anterior, los recorridos de los robots, caudales y velocidades de aplicación del poliuretano deben ser programados específicamente para cada geometría de pieza, pudiéndose variar desde un autómatas programable situado en la instalación.

Ambos procesos cuentan con ventajas e inconvenientes. La principal ventaja del primero de ellos es la simplicidad, y por lo tanto, el coste de la instalación, pero por el contrario, al tener que girar el panel para poder aplicar poliuretano por ambas caras éste gotea sobre el suelo, generando una merma de en torno al 5% y encareciendo por tanto el coste de la pieza final.

La gran ventaja del segundo proceso con respecto al primero es el hecho de que no es necesario girar el panel y por tanto el poliuretano no gotea tanto, además, con un solo robot manipulador que coja paneles se puede trabajar en varias prensas a la vez, pues el proceso de aplicación de poliuretano es mucho más rápido que en el primer proceso. Como inconvenientes caben destacar dos principalmente; primero, el coste de la instalación, que es muy superior al coste de la que realiza el primer proceso descrito, dado el alto coste de los robots de 6 ejes y segundo, que la aplicación de poliuretano en vertical genera que una vez éste se encuentra sobre la fibra, se desplace por gravedad adherido a la fibra, dejando zonas con menos material de refuerzo.

Las piezas fabricadas en las que la distribución del material no es uniforme presentan grandes carencias, pues en aquellas zonas en las que la cantidad de material de refuerzo es menor el poliuretano no se adhiere correctamente y aparecen tanto defectos superficiales como una gran disminución de las propiedades mecánicas de la pieza.



3.1 FORMACIÓN DEL MATERIAL COMPOSITE A PARTIR DEL NÚCLEO, MATERIAL DE REFUERZO Y AGLOMERANTE.

Como se ha mencionado con anterioridad existen infinidad de sistemas de poliuretano.

Las piezas recubiertas con poliuretano requieren una operación final de moldeo o curado del material. Esta operación se realiza a temperaturas que aceleran el curado del material. Esta temperatura depende del tipo de sistema de poliuretano utilizado, ya que no todos los sistemas son igual de reactivos y por lo tanto no requieren siempre la misma temperatura o el mismo tiempo de curación.

Para los procesos descritos anteriormente para piezas de automoción fabricadas con espuma rígida de poliuretano, la operación de moldeo se resume en los siguientes pasos:

Tras la aplicación del poliuretano, el mismo robot que sostiene el panel introduce el panel en un molde situado en una prensa donde se realiza la operación de moldeo o curado del material (Figura 3.8).

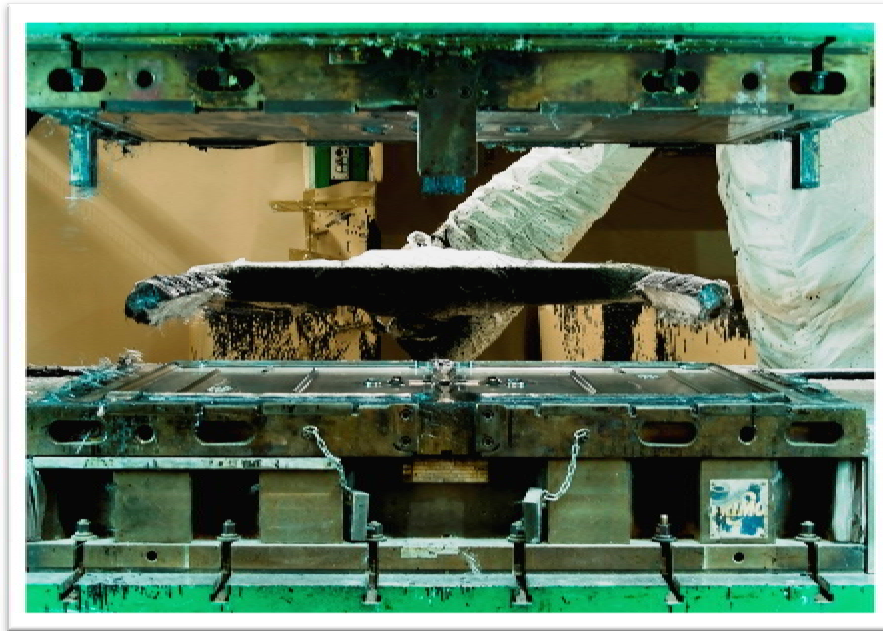


Figura 3.12. Robot de seis ejes introduciendo el panel compuesto al molde

En el interior del molde se acelera la reacción química entre el polioli y el isocianato para obtener el poliuretano final. Debe tenerse en cuenta que el polioli y el isocianato comienzan a reaccionar desde el momento que entran en



contacto. Por este motivo, es muy importante el tiempo que transcurre desde que se inicia la aplicación de poliuretano sobre el panel hasta que éste se introduce en el molde. En la operación de moldeo, el poliuretano penetra a través de la fibra para unirse al papel que configura el nido de abeja. Además, el poliuretano debe copiar la geometría de la pieza mecanizada en el plato del molde. De esta forma se produce la cohesión entre los diferentes materiales garantizando la resistencia mecánica de la pieza.

Desde la prensa se controlan los parámetros de la operación de moldeo, es decir, tiempos (duración de cada prensada, tiempo de abertura de la prensa para evacuación de gases, etc.), temperatura del molde y presión de cada una de las prensadas. Para acelerar la reacción química entre el polioliol y el isocianato se emplean moldes calefactados mediante un circuito de aceite térmico. Además, el molde dispone de un sistema de expulsión neumático para la extracción de las piezas.

En la formulación del material se ha incluido un desmoldeante interno para que las piezas no se queden adheridas a la superficie del molde, lo que hace que no sea necesario emplear ningún tipo de desmoldeante externo. En el molde se ha integrado un canto de corte de modo que las piezas se separan del resto del panel en la misma operación de moldeo. Para que esto sea posible, es necesario trabajar con prensas de gran tonelaje capaces de aplicar presiones de hasta 300 MPa.

La operación de moldeo se divide en dos etapas. En primer lugar la prensa hace presión durante un tiempo de unos segundos (nunca superior a 8 segundos). Después se eleva separando las partes superior e inferior del molde unos milímetros de forma que se expulsan los gases producto de la reacción entre el polioliol y el isocianato. A continuación se realiza la segunda prensada durante un tiempo más largo (entre 50 y 85 segundos en función de las características de la pieza). Para que el proceso funcione correctamente y las piezas no tengan defectos, se debe encontrar una combinación adecuada entre los diferentes parámetros que intervienen en la operación, es decir, la temperatura de los moldes, la presión ejercida por la prensa y los tiempos de primera prensada, evacuación de gases y segunda prensada en función de la pieza a fabricar.

Como resultado de la operación de moldeo, se obtiene la pieza final más la merma o recorte sobrante del panel.

Debido a la complejidad del estudio del poliuretano se añade a continuación un apartado en el que se describe de manera más detallada tanto el poliuretano en sí como su historia, su química, los métodos de producción existentes y algunas de sus más importantes aplicaciones. También se describen en este apartado las precauciones necesarias para la manipulación de este material. En el apartado 9 se describirá el poliuretano dentro del contexto de la instalación diseñada,



3.2 EL POLIURETANO.

El poliuretano, comúnmente abreviado como PU, es un polímero compuesto de cadenas de unidades orgánicas unidas mediante enlaces uretano. Los polímeros poliuretano se forman por la reacción de un monómero que contiene al menos dos grupos funcionales isocianato con otro monómero que contiene al menos dos grupos alcohol en presencia de un catalizador.

Las formulaciones de poliuretano cubre un amplio rango de rigidez, dureza y densidades. Con diferencias en estas características se pueden encontrar los siguientes materiales:

- § Espumas de baja densidad usadas en colchonería.
- § Espumas rígidas de baja densidad utilizadas como aislante térmico o, por ejemplo, en los salpicaderos de los coches.
- § Espumas rígidas de alta densidad utilizadas en piezas de automoción y mobiliario.
- § Plásticos sólidos utilizados como instrumentos electrónicos o partes estructurales

3.2.1 - Historia.

Los primeros trabajos en poliuretano fueron dirigidos por Otto Bayer en 1937 en los laboratorios I.G. Farben en Leverkusen, Alemania ⁽⁶⁾. Descubrieron que usando el principio de poliadición para producir poliuretanos a partir de diisocianatos líquidos y poliéter líquido se podían crear materiales con multitud de aplicaciones, en especial comparado con los plásticos existentes hechos mediante polimerización de olefinas o por policondensación.

La nueva combinación de monómeros sorteó las patentes existentes en poliéster obtenidas anteriormente por Wallace Carothers ⁽⁷⁾. Inicialmente, todos los trabajos estuvieron orientados a la fabricación de fibras y espumas flexibles. Con el desarrollo de materiales motivado por la Segunda Guerra Mundial (donde los poliuretanos se comenzaron a usar como recubrimiento para aviones ⁽⁷⁾), en 1952 los poliisocianatos se comenzaron a comercializar. La producción industrial de espumas flexibles de poliuretano comenzó en 1954 basada en tolueno diisocianato (TDI) y poliálcool poliéster. El desarrollo de estas espumas (originalmente conocidas por los inventores como "imitación de queso suizo" ⁽⁷⁾) se debió a agua accidentalmente introducida en la mezcla de componentes. Estos materiales fueron también utilizados para la fabricación de espumas rígidas, gomas y elastómeros.

El primer poliéter poliálcool disponible comercialmente fue el poli(tetrametileno éter) glicol, introducido por DuPont en 1956 polimerizando tetrahidrofurano. Algunos glicoles polialcalinos menos caros fueron introducidos por BASF y Dow Chemical durante 1957. Estos materiales ofrecían ventajas tanto técnicas como económicas, pues además de su menor coste, eran más fáciles de



manipular y eran químicamente más estables. Así, rápidamente suplantaron a los polioles poliéster en la fabricación de productos de poliuretano.

Otro de los grandes pioneros en el desarrollo de poliuretanos fue la Mobay Corporation. En 1960 fueron producidas más de 45000 toneladas de espuma flexible de poliuretano. A medida que progresaba la década, la aparición de nuevos y más baratos agentes de espumación como el metil difenil diisocianato (MDI) hizo que se comenzaran a utilizar espumas rígidas de poliuretano como aislantes de alto rendimiento para diferentes aplicaciones. Los poliuretanos basados en el MDI ofrecían mejor estabilidad térmica y características ante la combustión que los basados en el TDI por lo que éstos quedaron prácticamente obsoletos.

En 1967 se introdujeron uretanos modificados de alta que ofrecían incluso mejores propiedades de estabilidad térmica y resistencia a la combustión que los aislantes de baja densidad que se utilizaban hasta entonces. También durante la década de los 60 se empezaron a utilizar estos materiales en la industria de la automoción.

En 1969, Bayer exhibió un coche fabricado totalmente en plástico en Dusseldorf, Alemania. Varias partes de este coche se fabricaron mediante un nuevo proceso llamado RIM (Reaction Inyection Molding). Esta tecnología se basa en el impacto a alta presión de los componentes seguido de un rápido flujo de los mismos dentro de la cavidad de un molde.

Al comienzo de los años 80 se comenzaron a utilizar espumas flexibles de poliuretano con partículas microcelulares de agua en dispersión para la fabricación de juntas y filtros por moldeo. Desde entonces, el incremento del precio de la energía y el deseo de eliminar el PVC de la industria de la automoción ha hecho que se incremente notablemente la cuota de mercado y el uso de materiales basados en la tecnología del poliuretano. Debido al constante desarrollo de estos materiales hoy en día se utilizan incluso en aplicaciones que trabajan a altas temperaturas, tales como filtros de aceite.

La espuma de poliuretano se suele fabricar añadiendo pequeñas cantidades de materiales volátiles (llamados agentes espumantes) a la reacción. Estos agentes confieren al material final importantes propiedades, principalmente aislamiento térmico. A principios de los años 90, debido a su impacto sobre la capa de ozono, el protocolo de Montreal llevó a la reducción drástica de muchos de los agentes espumantes basados en cloro tales como el triclorofluorometano (CF-11). Otros haloalcanos como el hidroclorofluorocarbono o el 1,1-dicloro-1-fluoroetano fueron usados como recambio provisional hasta su cese de producción bajo la directiva IPPC (International Plant Protection Convention) sobre los gases de efecto invernadero de 1994 y la directiva VOC (Volatile Organic Compounds) de 1997.



A finales de los años 90 el uso de agentes espumantes tales como el dióxido de carbono, el 1,1,1,2 - tetrafluoroetano y el 1,1,1,3,3, - pentafluoropropano se extendieron en Norteamérica y Europa a pesar de que en muchos países en desarrollo se siguen utilizando hoy en día agentes espumantes basados en el cloro ⁽⁸⁾.

Durante la década de los 90 se desarrolló la tecnología de recubrimiento mediante spray debido al desarrollo de los sistemas bicomponente de poliurea. Su rápida reactividad y su relativa insensibilidad ante la humedad los hizo muy útiles en el recubrimiento de grandes superficies como por ejemplo recubrimiento de túneles o aislamiento de depósitos. Las excelentes propiedades adhesivas del poliuretano a materiales como el acero o el hormigón se obtienen mediante un adecuado tratamiento superficial.

Durante el mismo periodo, un nuevo sistema bicomponente de poliuretano y poliurea fue usado para entrar al mercado de los colchones. Este material confería a los colchones gran resistencia a la abrasión así como a la corrosión.

El uso de polioles derivados de aceites vegetales para la fabricación de productos de poliuretano comenzó en 2004, fundamentalmente debido al considerable aumento de precio de las materias primas petroquímicas y parcialmente debido al deseo público del uso de materiales respetuosos con el medio ambiente ⁽⁹⁾. Uno de los mayores partidarios del uso de este tipo de polioles basados en aceites vegetales en la actualidad es la Ford Motor Company ⁽¹⁰⁾.

3.2.2 - Química.

Los poliuretanos forman parte del grupo de los polímeros reactivos, que incluyen los epoxies, los poliésteres insaturados y los fenoles ^{(11) - (15)}. Los enlaces uretano se producen por la reacción de un grupo isocianato $-N=C=O$ con un grupo hidroxilo $-OH$. Los poliuretanos se producen por reacción de poliadición de un poliisocianato con un polialcohol (poliol) en presencia de un catalizador y otros aditivos.

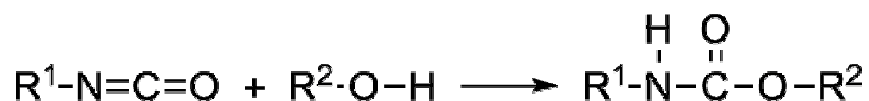


Figura 3.13. Reacción generalizada del poliuretano

Una breve descripción de la reacción anterior es la siguiente; el poliisocianato es una molécula con 2 o más grupos funcionales isocianato, $R-(N=C=O)_n$ $n \geq 2$ y



el polioli es una molécula con 2 o más grupos funcionales hidroxilo, $R'-(OH)_n$, $n \geq 2$. El producto de esta reacción es un polímero con enlace uretano, $-RNHCOOR'$. Los isocianatos reaccionan con cualquier molécula que contenga un hidrógeno activo, así, reaccionaran con el agua para formar un enlace uretano y dióxido de carbono; también reaccionará con las polieteraminas para formar poliureas.

Desde un punto de vista industrial, el poliuretano se fabrica haciendo reaccionar isocianato líquido con una mezcla de polioles líquidos, catalizadores y otros aditivos. Estos dos componentes constituyen lo que se llama un sistema de poliuretano. En Norteamérica el componente A del sistema de poliuretano es el isocianato y el polioli es el componente B. En Europa los nombres están cambiados; el componente A corresponde al polioli y el B al isocianato.

Uno de los componentes fundamentales de un poliuretano es el isocianato. Las moléculas que contienen dos grupos isocianato se conocen como diisocianatos. Estas moléculas son también monómeros en sí mismas, pues son también utilizadas para fabricar isocianatos poliméricos o poliisocianatos, que contienen 3 o más grupos funcionales isocianato.

El isocianato puede ser modificado para que, reaccionando parcialmente con un polioli, forme un prepolímero. Estos prepolímeros se forman cuando la relación estequiométrica del isocianato con los grupos hidroxilo es de 2 a 1. Las propiedades más importantes de los isocianatos son núcleo molecular, su contenido en NCO y su viscosidad.

El otro componente esencial de un poliuretano es el polioli. Análogamente al caso de isocianato, las moléculas que contienen 2 grupos hidroxilo se llaman dioles, aquellas que contienen 3 grupos trioles, etc. Los polioles, al contrario que los isocianatos, son polímeros en sí mismos. Están formados por la adición catalizada de óxido de propileno (PO) y óxido de etileno (EO) en un grupo hidroxilo o en un iniciador con contenido en aminas; o mediante la poliesterificación de un diácido con glicoles. Aquellos polioles formados a partir de PO y EO son los polioles poliéter mientras que los formados mediante poliesterificación se conocen como polioles poliéster. La elección del iniciador y peso molecular del polioli afecta en gran manera a su posterior estado físico y propiedades físicas del poliuretano final.

Las características más importantes de los polioles son su núcleo molecular, su peso molecular, el número de grupos hidroxilo que contiene y su viscosidad.

La reacción de polimerización se cataliza mediante aminas terciarias tales como la dimetilciclohexilamina y componentes organometálicos. De hecho, los catalizadores pueden elegirse en función de si se quiere favorecer la reacción en gel, en cuyo caso se utilizan catalizadores como el 1,4-

diazabicyclo[2,2,2]octano, o si se quiere favorecer la reacción de espumación, en cuyo caso se utiliza principalmente el 2-dimetilaminoetileter.

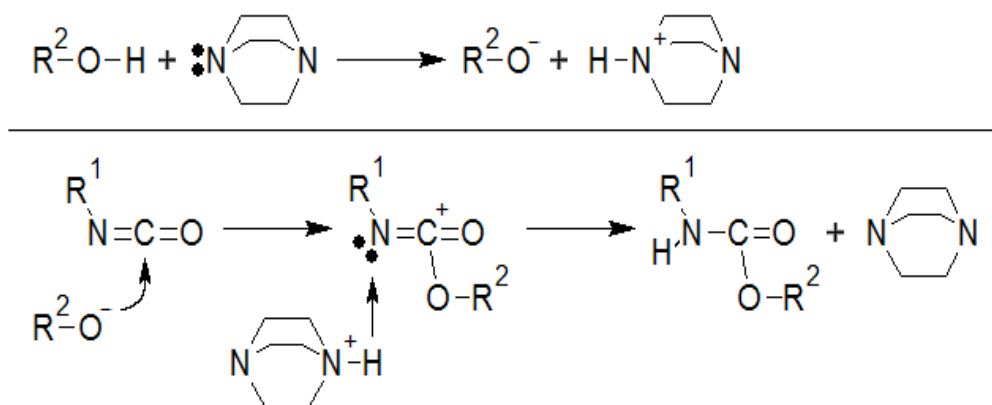


Figura 3.14 Mecanismo de reacción de poliuretano catalizado mediante amina terciaria

Una de las propiedades más importantes de los poliuretanos es su capacidad para formar espumas. Agentes de espumación como el agua algunos halocarburos pueden incorporarse al polioli o añadirse a la reacción como un flujo auxiliar.

El agua reacciona con el isocianato formando dióxido de carbono, que llena y expande las celdas creadas durante el proceso de mezclado del isocianato y polioli. La reacción se compone de 3 pasos. Primero una molécula de agua reacciona con un grupo isocianato formando un ácido carbámico. Los ácidos carbámicos son inestables, y se descomponen dando lugar a dióxido de carbono y amina. Esta amina reacciona de nuevo con el isocianato formando una urea sustituida.

El agua tiene un peso molecular muy bajo, de manera que a pesar de que el porcentaje en peso de agua sea pequeño, la proporción molar de agua puede ser alta, dando lugar a producciones de urea considerables. La urea no es muy soluble en la mezcla y tiende a formar fases sólidas consistentes principalmente en poliurea. La concentración y disposición de estas fases pueden determinar de manera decisiva las propiedades de la espuma de poliuretano ⁽¹⁶⁾.

Los halocarburos e hidrocarburos presentes en la reacción se eligen en función de sus puntos de ebullición, ya que éstos han de ser cercanos a la temperatura ambiente. Como la reacción de polimerización es exotérmica, estos agentes espumantes se volatilizan durante la reacción. Como se ha mencionado con anterioridad, son estos agentes (halocarburos e



hidrocarburos) los que llenan y expanden las celdas creadas en la matriz polimérica, creando así una espuma.

Es importante resaltar que no son estos agentes los que crean las celdas, sino que éstas se crean durante el proceso de mezclado de los dos componentes y son los agentes espumantes las que las expanden. De hecho, se pueden fabricar poliuretanos de alta densidad sin la necesidad de añadir estos agentes espumantes.

Para modificar las características del polímero se utilizan surfactantes durante el proceso de espumado. Se utilizan para emulsionar los componentes líquidos presentes en la reacción, para regular el tamaño de las celdas y para estabilizar la estructura de las celdas con el objetivo de eliminar posibles defectos superficiales. Los surfactantes para espumas rígidas de poliuretano están diseñados para producir celdas diminutas y muy próximas unas a otras, de manera que el producto final adquiera una alta rigidez.

3.2.3 - Producción.

La reacción química más común para la fabricación de poliuretano es la que se produce entre un diisocianato (bien aromático o bien alifático) y un poliol (normalmente un polipropilenglicol o un poliol poliéster) en presencia de catalizadores y materiales que controlan la estructura de las celdas (surfactantes).

El poliuretano se puede fabricar en una amplia variedad de densidades y durezas variando los monómeros usados en su fabricación y añadiendo sustancias que modifiquen sus propiedades, principalmente su densidad y aumenten su rendimiento. Otros aditivos pueden ser utilizados para mejorar su resistencia al fuego, estabilidad química en entornos nocivos, etc.

A pesar de que las propiedades de los poliuretanos vienen fundamentalmente definidas por la elección del poliol, el isocianato ejerce también una pequeña influencia y por lo tanto debe ser apropiado para la aplicación final. El tiempo de curado, por ejemplo, es una de las características que viene determinada por el número de grupos isocianato, así como lo es también la estabilidad del poliuretano expuesto a la luz. Los poliuretanos fabricados con diisocianatos aromáticos se vuelven amarillos con la exposición a la luz, mientras que los fabricados con diisocianatos alifáticos son estables ante la exposición a la luz.

(17)

Los poliuretanos flexibles, blandos y elásticos son resultado de disfunciones lineales de segmentos de polietilenglicol, comúnmente llamados polioles poliéter. Esta técnica de disfunción lineal se usa para la fabricación de fibras de elastómeros, gomas blandas y espumas gomosas.



Los productos de mayor rigidez son resultado de técnicas de fabricación en las que se usan polioles multifuncionales, que crean una estructura tridimensional entrecruzada de baja densidad.

Los productos más rígidos fabricados con espuma de poliuretano se producen mediante catalizadores de trimerización, que forman estructuras cíclicas en la matriz de la espuma creando una estructura dura y de gran estabilidad térmica.

Existen dos principales variantes de espuma de poliuretano. En la primera de ellas la mayor parte de las celdas de la espuma se mantienen cerradas y los gases encerrados dentro de ellas. La otra variante es aquella en la cual la mayoría de las celdas están abiertas (se abren tras el proceso de espumado ya que en caso contrario la espuma no se formaría). Este es un proceso de vital importancia, pues si los poliuretanos flexibles tienen celdas cerradas su suavidad se ve muy comprometida, adquiriendo una textura neumática en vez de suave, de manera que generalizando se puede afirmar que los sistemas de poliuretano flexible tienen que ser de celdas abiertas.

Ocurre todo lo contrario con los sistemas de espuma rígida. En este tipo de aplicaciones es deseable la retención de gas en las celdas, pues es éste (especialmente los fluorocarbonos) los que confieren a las espumas rígidas su principal característica, un alto rendimiento en aplicaciones de aislado térmico.

Una tercera variante es la llamada espuma microcelular, que forma elastómeros usados típicamente en la industria de la automoción, normalmente como acabados en recubrimiento de volantes, salpicaderos, etc.

3.2.4 - Seguridad y salud.

El polímero poliuretano es químicamente inerte. Tanto en los Estados Unidos como en Europa no se han establecido límites de exposición ante este material ni por la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ni por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ni por la norma ISO en Europa.

El poliuretano es un sólido combustible, inflamable si es expuesto durante un suficiente periodo de tiempo a llama abierta. Entre los productos de descomposición por combustión se encuentran el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Para apagar un incendio originado por combustión de poliuretano es necesario contar con máscaras anti - gas y bombonas de oxígeno, pues cuando éste se calienta por encima de 200 °C se degrada y emite no sólo parte de los isocianatos por los que estaba formado sino también monoisocianatos como el metilisocianato (MIC) o ácido isociánico (ICA), en función del tipo de poliuretano que se esté calentando. Debido a



ésta degradación, se debe evitar calentar cualquier tipo de poliuretano por encima de 200°C ⁽¹⁸⁾.

El polvo de poliuretano derivado de operaciones como lijado o mecanizado del mismo puede producir irritación en ojos y pulmones, por lo que se deben llevar a cabo controles de higiene adecuada y equipo de protección personal como guantes, mascarilla, gafas de protección y ropa adecuada ⁽¹⁹⁾. Aspectos sobre el manejo de los diferentes componentes de los sistemas de poliuretano y los riesgos que estos entrañan se desarrollan en más profundidad en el capítulo dedicado a la seguridad y el manejo de la instalación. Las fichas técnicas del poliol e isocianato que se utilizan en la actualidad en Grudem pueden consultarse en el Anexo II.

3.2.5 - Usos.

Como se ha comentado brevemente con anterioridad las utilidades del poliuretano son muy amplias. Más de las tres cuartas partes del consumo global de productos poliuretano es en espumas, tanto flexibles como rígidas. Para ambos tipos, normalmente, la espuma de poliuretano se encuentra tras otro material, que realiza las funciones de acabado final de la pieza. Por ejemplo se pueden encontrar espumas rígidas de poliuretano tras la mayor parte de las neveras y congeladores actuando como aislantes térmicos, tras paneles de construcción como aislantes acústicos, etc. También se utiliza poliuretano para la fabricación de molduras en marcos de puertas, columnas, balaustradas, etc.

La siguiente tabla muestra los diferentes consumos de poliuretano en función de su aplicación en Estados Unidos en 2004 ⁽²⁰⁾.

Se desprende de la tabla el extendido uso del poliuretano en multitud de campos. Dadas sus propiedades el poliuretano es utilizable en campos tan dispares como la construcción, la electrotecnia, el calzado o los textiles.


	<p>Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite</p> <p>3.Estado del arte</p>
---	---

Tabla 3.1. Consumo de poliuretano en función de su aplicación en Estados Unidos en 2004 ⁽²⁰⁾.

APLICACIÓN	CONSUMO DE POLIURETANO (Toneladas)	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL
Construcción	661800.	26.8%
Automoción	588760	23.8%
Mobiliario	511200	20.7%
Electrodomésticos	126100	5.1%
Embalajes	113850	4.6%
Textiles y fibras	82100	3.3%
Maquinaria	80740	3.3%
Electrónica	34020	1.4%
Calzado	17700	0.7%
Otras aplicaciones	253100	10.2%
Total	2469360	100.0%

En 2007 el consumo global de poliuretano fue de aproximadamente 12 millones de toneladas. Se estima que el aumento anual de consumo de poliuretano es de aproximadamente un 5 % ⁽²¹⁾.

Las aplicaciones más destacables de este tipo de tecnología se describen brevemente a continuación.

3.2.5.1 Barnices.

Los poliuretanos se formulan como pinturas y barnices como acabado para la protección o sellado de la madera. Esta aplicación confiere a la madera gran dureza, resistencia a la abrasión y durabilidad, lo que la hace muy apta para suelos de madera, no siendo así para piezas de mobiliario u otras piezas de detalle debido a la escasa precisión que se alcanza mediante el barnizado con poliuretano.

3.2.5.2 Neumáticos.

El poliuretano se utiliza también en la fabricación de neumáticos macizos, principalmente para carretillas elevadoras y ruedas de vehículos de carga. En la actualidad, y debido a su excelente resistencia a la abrasión, las ruedas de

los patines y monopatines se fabrican también con esta tecnología así como gran parte de los neumáticos de las sillas de ruedas.

3.2.5.3 Mobiliario.

Para la fabricación de mobiliario se utilizan espumas flexibles de poliuretano, que se fabrican en grandes piezas para ser después cortadas en la forma y tamaño deseado. Se utiliza este tipo de poliuretanos para la fabricación de colchones, sillones, sillas, asientos de coche, etc.

Además, la espuma flexible de poliuretano cuenta con la gran ventaja de ser un material reciclable ^{(19) (22)}.



Figura 3.15. Sillas fabricadas con espuma flexible de poliuretano

3.2.5.4 Construcción, escultura y decoración.

Existen prototipos de edificaciones en las que tanto las paredes como el techo (no solamente el aislamiento sino la propia estructura) están fabricados en poliuretano, como por ejemplo las casas Xanadú, una serie de casas experimentales construidas en diferentes lugares de Estados Unidos (una en Kissimmee, Florida; otra en Wisconsin Dells, Wisconsin y una tercera en Gatlinburg, Tennessee) durante 1979 y 1980. Estas casas destacaron por estar construidas con espuma aislante de poliuretano en vez de con cemento, lo que resultaba en un método constructivo rápido, fácil, y económico.

En la actualidad, la buena resistencia al agua y la ausencia de juntas que presenta este tipo de material está haciendo que el uso de esta tecnología esté ganando interés como aplicación para suelos en interiores, especialmente

en Europa Occidental, o para suelos técnicos, como por ejemplo pistas de atletismo (Figura 3.16)



Figura 3.16. Pista de atletismo de poliuretano ⁽²³⁾.

3.1.5.5 Tablas de Surf.

Algunas tablas de surf (Figura 3.17) se fabrican con núcleo de poliuretano sólido. El núcleo se moldea según las especificaciones, se cubre con fibra de vidrio y se recubre con resina de poliéster.

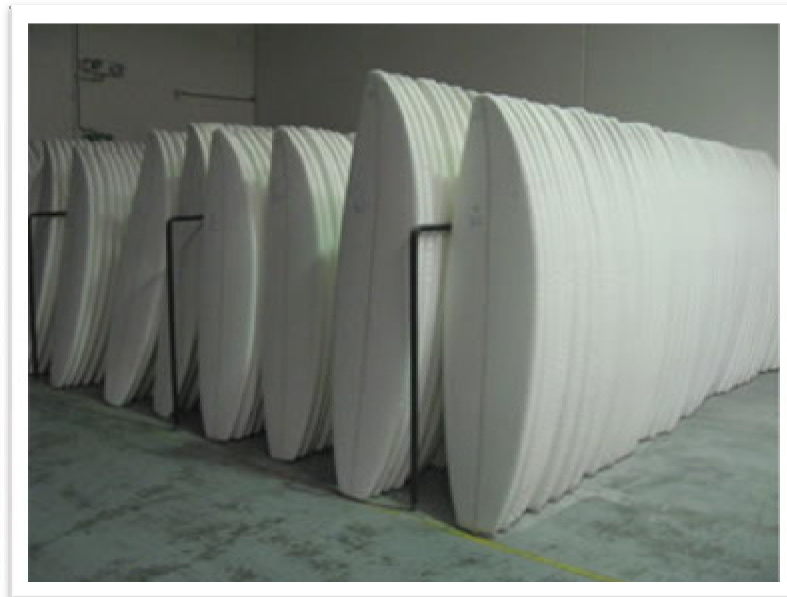


Figura 3.17 Tablas de surf fabricadas con poliuretano ⁽²⁴⁾.



3.1.5.6 Cascos de embarcaciones.

Algunos cascos de embarcaciones náuticas se fabrican con poliuretano con coberturas de fibra de vidrio. El poliuretano confiere al casco de la embarcación tenacidad y flotabilidad.

3.1.5.7 Grips en raquetas de tenis.

El poliuretano se utiliza también en multitud de grips de raquetas de tenis. Marcas como Yonex o Wilson llevan años utilizando esta tecnología (Figura 3.18).



Figura 3.18 Empuñadura de poliuretano en raqueta Wilson.

3.1.5.8 Componentes electrónicos.

Habitualmente los componentes electrónicos se encuentran protegidos del ambiente o de posibles daños mecánicos mediante poliuretano. Normalmente se elige el poliuretano como medio de protección para éstos por su excelente resistencia a la abrasión, buenas propiedades eléctricas, excelente capacidad de adhesión, buena resistencia al impacto y pequeña dilatación térmica. La gran desventaja del poliuretano frente a otro tipo de materiales en este tipo de aplicaciones es su límite térmico de operación, que se sitúa en torno a 120°C.

3.1.5.9 Adhesivos.

El poliuretano se emplea con frecuencia como adhesivo, principalmente como adhesivo de madera. Su principal ventaja ante los adhesivos tradicionales es su resistencia al agua. En Norte América se introdujo en 1990 bajo los



nombres comerciales "Gorilla Blue" y "Excel" mientras que en Europa se llevaba usando años.

Otra de las aplicaciones del poliuretano como adhesivo es el pegado de las páginas de los libros a las tapas o coberturas del mismo. Este sistema adhesivo fue por primera vez introducido en 1985. La base de este sistema es poliéster o poliéter, mientras que el poliuretano se usa como prepolímero.




4.-REQUERIMIENTOS DEL PROCESO.


El siguiente capítulo realiza una descripción del pliego de condiciones o requisitos que, de acuerdo con Grudem S.L.U, ha de cumplir la instalación a diseñar.

Una vez establecidos los objetivos a cumplir por la instalación que se desea diseñar, se establecen las siguientes condiciones y requerimientos del proceso de fabricación para satisfacer los objetivos iniciales:

- 1) Todas las operaciones necesarias para la fabricación de las piezas se realizarán en una única célula de trabajo.
- 2) Las dimensiones de la célula de trabajo serán lo menores posibles con objeto de minimizar el espacio ocupado en fábrica.
- 3) La célula de trabajo ha de contar con todos los sistemas de seguridad y prevención de riesgos necesarios.
- 4) Se ha de minimizar en todo lo posible la necesidad de mano de obra directa, automatizando la alimentación tanto de los materiales de cobertura como de los materiales empleados en el núcleo. Para poder cumplir este requisito, se deberían automatizar las siguientes operaciones:
 - Colocación sobre la mesa de alimentación del material de cobertura inferior o soporte de aplicación.
 - Colocación del material del núcleo.
 - Colocación del recubrimiento del núcleo.
 - Colocación del material de cobertura superior.
 - Colocación del conjunto en el interior del molde situado en la prensa.
 - El robot realizará automáticamente la aplicación de poliuretano en la etapa correspondiente.
- 5) En caso de emplear como material inferior una tela soporte (velo de fibra), las garras del manipulador que introduce el conjunto en la prensa estarán adaptadas para sujetar dicho conjunto únicamente por los extremos de la tela soporte.

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	4.Requerimientos del proceso
---	--	---------------------------------

- 6) La instalación permitirá emplear diferentes materiales de cobertura y diferentes materiales como núcleo.
- 7) Se permitirá la entrada al operario en el molde antes de cada ciclo para que se puedan colocar insertos en el interior del mismo o sistema automático para la colocación de insertos.
- 8) La instalación contará con un sistema de cambio de moldes eficaz que minimice el tiempo empleado en sustituir el utillaje necesario para las distintas referencias.
- 9) La aplicación de poliuretano se realizará mediante un robot de 6 ejes que disponga de cabezal de mezcla y aplicación de fibra de vidrio cortada. En el robot podrá programarse el recorrido adecuado a la geometría de la pieza. De igual modo, podrán modificarse las velocidades en cada tramo para ajustar la cantidad de material aplicada desde el cabezal.
- 10) La extracción de las piezas moldeadas después del curado del material se realizará de forma automática. En este caso, debe existir un sistema de expulsión adecuado que evite que las piezas queden adheridas al parte superior o inferior del molde.
- 11) Se minimizará en todo lo posible el tiempo de aplicación de poliuretano y fibra desde el cabezal sobre el soporte o sobre el núcleo. En cualquier caso, el tiempo de formación de un conjunto desde que se inicia la primera aplicación de poliuretano hasta que el conjunto se introduce en la prensa será de aproximadamente 60 segundos.
- 12) Se minimizarán en todo lo posible los tiempos de cierre y apertura de la prensa para maximizar el rendimiento.
- 13) Se empleará una prensa de platos calientes que permita alcanzar temperaturas de hasta 150 °C tanto en el molde colocado en la mesa inferior de la prensa como en el colocado en la mesa superior.
- 14) La instalación permitirá fabricar piezas cuyas dimensiones máximas sean de 2100x1600 mm, estudiando la posibilidad de aumentar la dimensión máxima admisible.
- 15) Todos los parámetros de la instalación se controlarán desde un autómatas programable de fácil manejo y comprensión. Podrán controlarse, entre otros parámetros, el caudal de aplicación, las temperaturas y presiones de los materiales en los depósitos de almacenamiento, las temperaturas y presiones de los materiales en el

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	4.Requerimientos del proceso
---	--	---------------------------------

cabezal de mezcla, la selección de aplicación de fibra desde el cabezal, etc. Además, éste autómata ha de ofrecer diferentes lecturas como consumos, averías y fallos, tiempos de aplicación y demás datos relevantes.

- 16) Se estudiará la posibilidad de que la instalación permita la fabricación de piezas de material composite en las que no sea necesario utilizar poliuretano, como por ejemplo un conjunto formado por varias capas, textil + refuerzo + núcleo + refuerzo + textil que posteriormente se calentará en un horno y se introducirá en un molde frío donde la pieza adquiere la forma.



5.- ALTERNATIVAS DE PROCESO. ELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y JUSTIFICACIÓN.

En este capítulo se realiza una breve descripción de los posibles procesos que se plantean para la fabricación del producto final. Se distinguen varias posibilidades en función de los materiales a emplear en la fabricación, destacando sus ventajas e inconvenientes y argumentando la decisión tomada en base a éstas. Por último, se describen las etapas de la alternativa elegida.

Existen varias posibilidades y configuraciones con las que se puede cumplir el objetivo perseguido en el proyecto.

El proceso mediante el cual se realiza la fabricación del producto final varía principalmente en función de las materias primas empleadas en el mismo y el formato de éstas al ser introducidas en la línea de fabricación.

Caben distinguir de esta manera dos variantes principales: piezas de material composite que cuenten con coberturas tanto superior como inferior y piezas que carezcan de coberturas. Se pueden diferenciar a su vez dos alternativas para cada tipo de piezas en función de si se utiliza como materia prima un panel previamente fabricado o si este panel se fabrica en la propia instalación.

Con el objetivo de corregir en la medida de lo posible las deficiencias y posibles fallos detectados con la experiencia acumulada en la instalación existente, se parte en todas las posibles alternativas de procesos que eviten girar los paneles para aplicar el poliuretano.

Debido a que en la instalación existente el cabezal de mezcla de componentes es fijo y a que es el robot el que manipula los paneles de fibra y nido de abeja bajo el cabezal para que el poliuretano quede aplicado en ambas caras, cuando la primera cara del panel en la que se aplica poliuretano queda hacia abajo, el poliuretano se desprende por gravedad, generando una pérdida de material de en torno al 5%. Esta merma aumenta considerablemente el coste de las piezas finales, ya que el precio por kilogramo de poliuretano representa un gran porcentaje del coste de materia prima de la pieza.

Es por tanto muy importante que el diseño del nuevo proceso de fabricación evite dar la vuelta a los paneles, ya que de esta manera se generarían menos residuos y se conseguiría abaratar el coste final de las piezas, haciéndolas más competitivas en el mercado.

Se presentan a continuación las cuatro posibles alternativas que se plantean como soluciones para el diseño de una instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite.



Los procesos 1.A y 1.B corresponden a procesos de fabricación de piezas con coberturas y los procesos 2.A y 2.B a la fabricación de piezas sin coberturas. Los procesos marcados con una "A" corresponden a procesos en los que el panel utilizado en la producción se fabrica en un proceso previo, mientras que en los procesos marcados con una "B" el panel utilizado se fabrica en la misma instalación en la que posteriormente se produce la pieza final.

5.1 ALTERNATIVAS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN.

5.1.1 - Proceso 1.A: *Piezas de material composite con coberturas fabricadas a partir de sándwich de nido de abeja de papel y "mat" de material de refuerzo.*

La fabricación de este tipo de piezas sería, en principio, la más fácil de realizar desde el punto de vista de la instalación, pues el hecho de que las piezas finales cuenten con coberturas superior e inferior hace que se puedan utilizar éstas como soporte a la hora de aplicar poliuretano para evitar dar la vuelta a los paneles.

Una breve descripción de las diferentes operaciones a realizar en este proceso es la siguiente:

- 1) Colocación automatizada de la cobertura inferior de la pieza final en mesa de alimentación de la instalación.
- 2) Aplicación de poliuretano mediante robot de seis ejes con cabezal de mezcla de componentes a alta presión instalado.
- 3) Colocación automatizada de panel de nido de abeja con "mat" de material de refuerzo previamente fabricado en mesa de alimentación de la instalación.
- 4) Aplicación de poliuretano mediante robot de seis ejes con cabezal de mezcla de componentes a alta presión instalado.
- 5) Colocación automatizada de la cobertura superior sobre el panel con poliuretano situado en la mesa de alimentación.
- 6) Introducción del sándwich de nido de abeja, material de refuerzo, espuma de poliuretano y coberturas en la prensa mediante manipulador.
- 7) Prensado del sándwich.
- 8) Extracción de pieza final de la prensa.

El proceso descrito se correspondería con el siguiente diagrama de flujo:

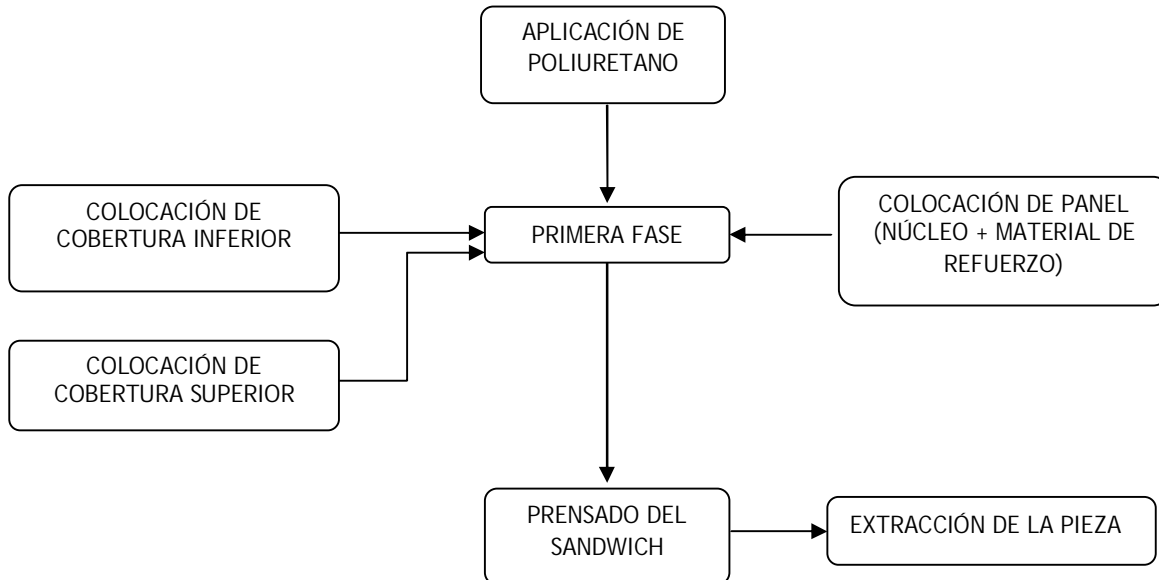


Figura 5.1. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 1.A

Este proceso evitaría dar la vuelta al panel, lo que supone una gran ventaja por las razones anteriormente comentadas. Además, el ciclo de fabricación sería corto debido al uso de un panel fabricado previamente en lugar de fabricar el panel en la propia instalación, lo que se reflejaría en una gran cadencia de producción.

La mesa de alimentación de la instalación contaría con un manipulador con garras, que cogería el sándwich de nido de abeja, material de refuerzo, espuma de poliuretano y coberturas y lo introduciría en la prensa.

5.1.2 - Proceso 1.B: *Piezas de material composite con coberturas en las que el sándwich de nido de abeja de papel y fibra de vidrio se fabrica en la misma instalación mediante el uso de Roving, es decir, aplicando el material de refuerzo en forma de hilos desde el cabezal.*

Esta alternativa contempla un proceso análogo al anterior, con la diferencia fundamental de que en vez de usar un panel previamente fabricado, éste se fabricaría en la propia instalación mediante el uso de Roving.

Las operaciones a realizar en esta alternativa de proceso de fabricación quedan resumidas en los siguientes pasos:



- 1) Colocación mediante mesa de alimentación de la cobertura inferior.
- 2) Aplicación de poliuretano con Roving (el mismo cabezal que aplica el poliuretano tritura fibra de vidrio que es alimentada en hilos, aplicando ambos de manera simultánea) mediante robot de seis ejes con cabezal de mezcla de componentes y Roving instalado.
- 3) Colocación de nido de abeja expandido mediante mesa de alimentación.
- 4) Segunda aplicación de poliuretano con Roving mediante robot de seis ejes con cabezal de mezcla de componentes y Roving.
- 5) Colocación mediante mesa de alimentación de cobertura superior.
- 6) Introducción del sándwich de nido de abeja, material de refuerzo, espuma de poliuretano y coberturas en la prensa.
- 7) Prensado del sándwich.
- 8) Extracción de pieza final de la prensa.

El diseño de la instalación se basaría entonces en el siguiente diagrama de flujo:

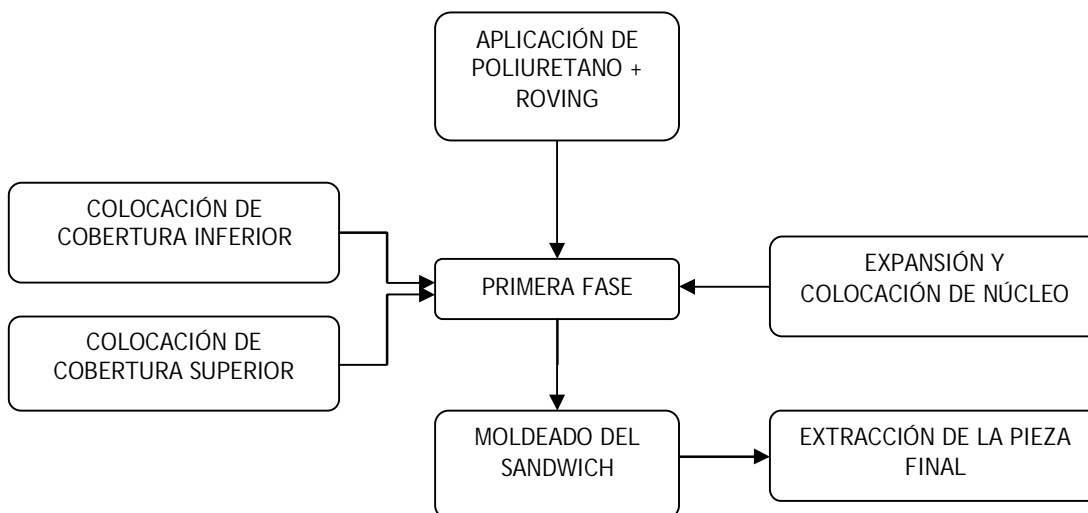


Figura 5.2. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 1.B



Al igual que en el proceso anterior no sería necesario dar la vuelta al panel, ahorrando así alrededor del 5% en peso de poliuretano por pieza que como se ha comentado con anterioridad se pierde en la instalación actual.

La ventaja más importante y a la vez el mayor inconveniente de este proceso es el uso del Roving. Esta tecnología constituye una ventaja en se sentido de que elimina la dependencia de un proceso alternativo de fabricación de paneles, haciendo que en un sentido éste sea más robusto. Además, la fibra suministrada en hilos es más barata que la suministrada en forma de "mat".

Por contrario, el uso del Roving origina que las piezas finales tengan un peso en torno a un 30 % superior a las fabricadas mediante el uso de "mat", lo que en determinadas aplicaciones que requieren ligereza hace que el uso de esta tecnología quede descartado. Además, el Roving origina problemas de carácter técnico en el cabezal, causando en ocasiones paradas en el proceso productivo.

La mesa de alimentación de la instalación debería contar, al igual que en la alternativa anterior, con un manipulador que cogiera e introdujera el conjunto en la prensa.

5.1.3 - Proceso 2.A: *Piezas de material composite sin coberturas fabricadas a partir de sándwich de nido de abeja de papel y material de refuerzo.*

El mayor inconveniente que presenta la fabricación de este tipo de piezas de material composite es la inexistencia de un soporte para la aplicación de poliuretano que se deriva de la ausencia de material de cobertura. Esto no constituye un problema en los procesos en los que se da la vuelta al panel, pero para poder diseñar un proceso en el que el panel no tenga que girar es necesario contar con un soporte sobre que aplicar el poliuretano antes de colocar sobre el mismo el panel a conformar.

Existen diferentes alternativas para solventar este problema. En todas ellas se recurre a una capa que funciona como soporte y se retira después del proceso de moldeo. Sin embargo, la experiencia acumulada en este campo y debido a pruebas realizadas con diferentes materiales, se ha llegado a la conclusión de que la mejor solución para resolver este problema es la utilización de un velo de material de refuerzo de bajo gramaje (entre 30 y 80 gramos por metro cuadrado) como soporte para la primera fase de aplicación de poliuretano que queda integrado con el "mat" inferior tras el proceso de moldeo.

Para poder situar el panel de nido de abeja con material de refuerzo sobre el velo, éste debe estar en tensión. Para poder tensar el velo de material de refuerzo una vez colocado mediante una mesa de alimentación, se precisa diseñar unas garras especiales para el manipulador que tensen el velo a la vez



que lo sostienen, permitiendo de esta manera aplicar el poliuretano y colocar el panel de nido de abeja y material de refuerzo sobre el velo si que éste pandee.

Así, una breve descripción de las operaciones a seguir para la fabricación de piezas de material composite sin coberturas es la siguiente:

- 1) Colocación automatizada de velo de fibra de vidrio en mesa de alimentación.
- 2) Tensado (mediante garras especiales) del velo de material de refuerzo.
- 3) Aplicación de poliuretano sobre el velo.
- 4) Colocación del panel de nido de abeja con “mat” sobre el conjunto de velo de material de refuerzo y poliuretano.
- 5) Aplicación de poliuretano sobre el conjunto.
- 6) Introducción mediante manipulador del sándwich de nido de abeja, fibra y poliuretano en la prensa.
- 7) Prensado del sándwich.
- 8) Extracción de la pieza final de la prensa.

El diagrama de los procesos a realizar por esta instalación sería el mostrado en la figura 5.3.

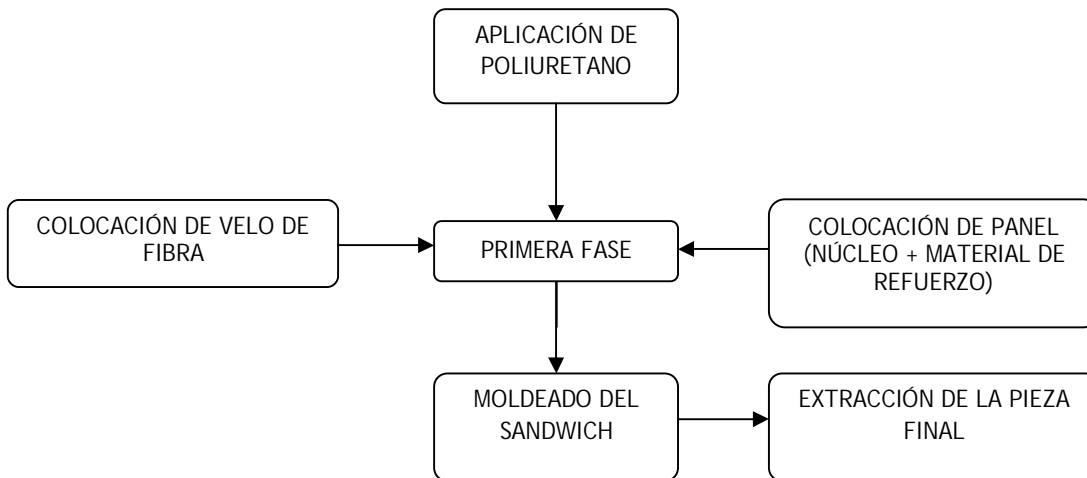


Figura 5.3. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 2.A

El gran inconveniente de esta alternativa de instalación es la necesidad de diseñar unas garras específicas para el manipulador. El diseño de unas garras especiales (no existentes hoy en día en el mercado) encarecería la instalación de una manera notable.

Por el contrario, se prevé como la mejor solución para la producción de piezas sin coberturas evitando girar el panel en el proceso, pues cualquier alternativa diferente comportaría la utilización de soportes que se extrajeran tras el moldeo y pruebas realizadas con este tipo materiales no han resultado completamente satisfactorias.

5.1.4 - Proceso 2.B: *Piezas de material composite sin coberturas en las que el sándwich de nido de abeja de papel y fibra de vidrio se fabrica en la misma instalación mediante el uso de Roving.*

Al igual que en la alternativa 2.A se plantea el problema de no contar con una cobertura soporte donde aplicar el poliuretano. La mejor solución a este problema es de nuevo el uso de un velo de material de refuerzo de bajo gramaje como soporte para aplicar el poliuretano.

Esta alternativa cuenta con el mismo problema de diseño de garras del manipulador que la anterior, con el problema añadido de que el uso del Roving grabaría las piezas finales con un 30% de aumento en peso.

Los pasos que en los que consistiría el proceso serían los siguientes:



- 1) Colocación automatizada del velo de fibra de vidrio en mesa de alimentación de la instalación.
- 2) Tensado (mediante garras especiales presentes en el manipulador) del velo de material de refuerzo.
- 3) Aplicación simultánea de poliuretano con material de refuerzo (Roving) sobre el velo.
- 4) Colocación del nido de abeja expandido sobre el conjunto velo de fibra, poliuretano y Roving.
- 5) Aplicación simultánea de poliuretano y material de refuerzo sobre el nido de abeja.
- 6) Introducción del sándwich de nido de abeja, fibra y poliuretano en la prensa mediante manipulador.
- 7) Prensado del sándwich.
- 8) Extracción de la pieza final de la prensa.

El diagrama correspondiente a este proceso se detalla en la figura 5.4

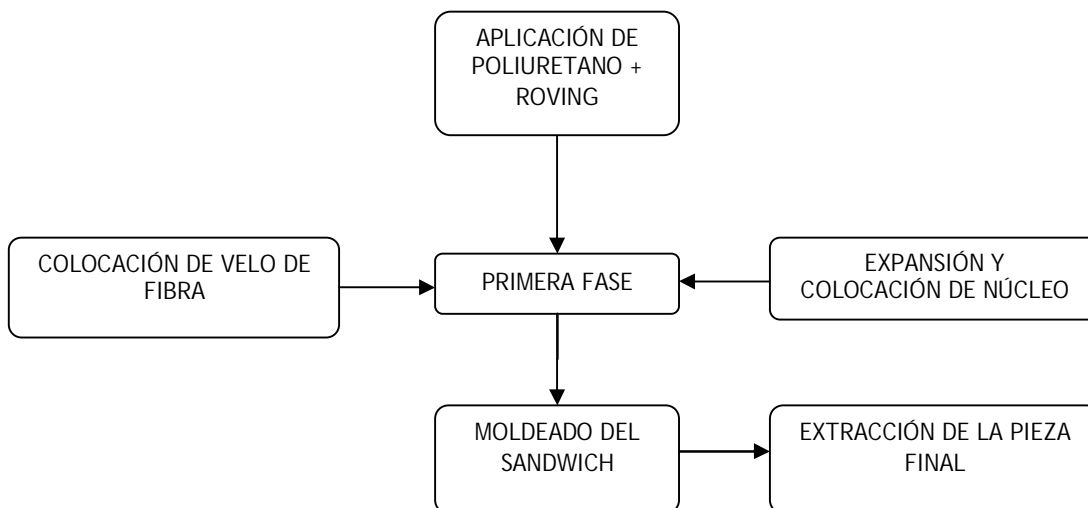


Figura 5.4. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite según el proceso 2.B



Además del considerable aumento de peso de los paneles fabricados mediante el uso de Roving, el uso de esta tecnología origina, como ya se ha comentado con anterioridad, problemas de carácter técnico en el cabezal, fundamentalmente debido a la obstrucción del mismo.

Otro de los inconvenientes de este proceso sería el tiempo de ciclo. Al fabricar el conjunto nido de abeja - material de refuerzo en la propia instalación, el tiempo de ciclo de fabricación de las piezas sería muy superior al de los casos en los que el panel utilizado se fabrica en un proceso anterior.

A pesar de que la materia prima utilizada en este proceso sería más barata (pues el material de refuerzo en hilos es más barato al suministrado en "mat") esta alternativa no se considera como la mejor debido a los motivos expuestos con anterioridad.

5.2 ELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad de que la línea de fabricación sea lo más flexible posible, la instalación a diseñar debe poder realizar tanto piezas con coberturas superior e inferior como piezas sin coberturas, por lo que ha de diseñarse una instalación capaz de desarrollar los dos procesos descritos con anterioridad.

Uno de los inconvenientes que se presenta debido a la necesidad de que la instalación sea flexible es el diseño de unas garras capaces de sostener y tensar la capa soporte sobre la que se fabricará el conjunto final, pero para evitar el girar el panel durante el proceso de fabricación, esta solución se plantea como la mejor, por lo que a pesar de encarecer la instalación se ha de incluir en el diseño de la misma.

Para la fabricación de todos los tipos de piezas se debe usar alimentación automática de material, de manera que el panel que se vaya a utilizar se fabrique en la propia instalación.

Tanto para piezas con coberturas superior e inferior como para piezas sin coberturas (en las que el acabado es el propio poliuretano) se utilizará principalmente fibra en "mat" debido, principalmente, a la considerable reducción de peso que supone el uso de este tipo de paneles frente al uso de Roving, reservando el uso de este tipo de fibra para aquellas piezas que requieran refuerzos puntuales o reducciones de consumo de poliuretano en zonas críticas como se explicará posteriormente. También se podrá utilizar este tipo de aplicación de material de refuerzo en piezas que no requieran muy buenas propiedades mecánicas pero sí un bajo coste debido al menor coste del material de refuerzo suministrado en hilos en comparación al mismo material suministrado en "mat".



Así, el proceso elegido para el cumplimiento de los requisitos deberá ajustarse a las alternativas 1.A y 2.A, con la diferencia de que permitirá que los paneles de nido de abeja con refuerzo de fibra se fabriquen en la propia instalación.

Realizará las siguientes etapas en una única célula de trabajo para la fabricación de piezas, tanto con coberturas como sin ellas:

5.2.1.- Colocación del soporte de aplicación del producto en la mesa de alimentación.

Sobre una mesa de alimentación se colocará el material soporte (bien cobertura o velo de material de refuerzo) sobre el que se depositarán las diferentes capas que constituyen el material composite. La colocación de la capa soporte en la mesa de alimentación de la instalación debe realizarse de manera automática con el objetivo de reducir al máximo la necesidad de mano de obra en la instalación.

Este material quedará posteriormente en la cara inferior del molde y, por tanto, será el recubrimiento de la cara inferior de la pieza.

Existen diferentes alternativas como material soporte: telas que no dejen traspasar el poliuretano, materiales sólidos como melamina o láminas de madera de densidad media, etc.

5.2.2.- Aplicación de poliuretano sobre la cobertura inferior.

Sobre la superficie de aplicación (bien la cobertura inferior o bien el velo de material de refuerzo en función de la pieza a fabricar), un robot de seis ejes que sostiene un cabezal de mezcla de alta presión aplica la espuma de poliuretano

Pueden emplearse diferentes tipos de espuma de poliuretano dependiendo del número de depósitos atemperados que se puedan colocar en la instalación, ya que estos diferentes poliuretanos se obtienen de la combinación del mismo isocianato con diferentes formulaciones de poliols.

Para que sea posible el uso de diferentes tipos de poliuretanos el robot debe contar con un cabezal de mezcla especial que permita aplicar distintos poliols con un isocianato común.



5.2.3.- Colocación del material del núcleo y material de refuerzo.

Sobre la capa de soporte y la espuma de poliuretano se coloca el panel formado por el núcleo y el material de refuerzo, que se conformará en la propia instalación como se explicará más adelante.

Se podría utilizar cualquier material compatible con el proceso y especificaciones de la pieza, pero en general serán núcleos de nido de abeja de papel en sus diferentes formatos y fibra de vidrio como material de refuerzo.

La colocación del panel sobre la capa soporte debe ser automática mediante el uso de un alimentador. De esta manera se reduce la necesidad de mano de obra directa en la instalación. Este alimentador debe ser capaz de manipular diferentes materiales, haciendo así que el proceso sea flexible.

5.2.4. - Aplicación de la cobertura superior de poliuretano y material de refuerzo.

Una vez finalizada la operación anterior, el autómatas debe dar la orden al robot para que inicie la segunda aplicación de espuma de poliuretano sobre la superficie superior del panel.

5.2.5- Colocación del material de cobertura superior.

En las aplicaciones que lo requieran, se colocará de manera automática una cobertura en el lado superior del conjunto. De esta forma se obtendrán piezas totalmente terminadas tras el prensado del conjunto.

5.2.6.- Moldeado del conjunto.

El conjunto formado se introduce en el interior del molde calefactado y se realiza la operación de moldeado.

Este molde estará situado sobre los platos de la prensa.

Durante esta operación se produce el curado del poliuretano. Al mismo tiempo la presión ejercida por la prensa permite que el poliuretano reforzado se adhiera al material del núcleo, obteniendo así piezas con excelentes propiedades mecánicas.

5.2.7.- Extracción de las piezas del molde.

Una vez transcurrido el tiempo de ciclo necesario para el curado del material (variable dependiendo del poliuretano empleado) se extraerán las piezas del molde. Esta operación puede ser automática o manual. En caso de optar por



una forma automatizada se deberá disponer de un sistema de expulsión adecuado que permita que las piezas no queden adheridas a la parte superior o inferior del molde.



6.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Este capítulo describe con detalle el proceso seguido para la fabricación del producto final. La descripción del proceso facilitará la descripción detallada de los elementos necesarios en la instalación que se realizará en el próximo capítulo.

Una vez elegida la alternativa más apropiada para la fabricación de piezas moldeadas de material composite entre las anteriormente planteadas, se pasa a continuación a describir con más detalle el proceso que ha de seguirse para la fabricación de las mismas. Para ello, se divide el proceso en diferentes etapas, cada una de las cuales se describen con objeto de comprenderlas y desprender de esta descripción los elementos que serán necesarios a la hora de diseñar la instalación.

El diseño de la instalación se basará entonces en el siguiente diagrama de flujo:

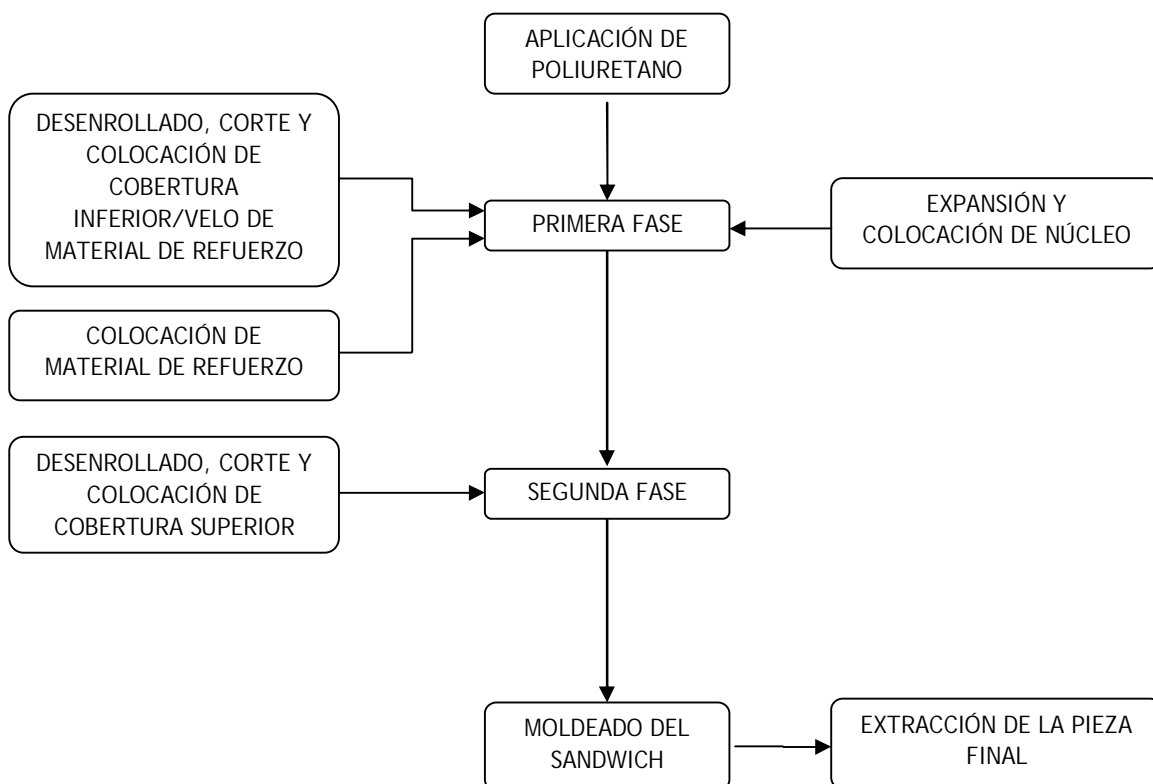


Figura 6.1. Diagrama de proceso de proceso de fabricación de piezas moldeadas de material composite



Se describen a continuación la secuencia de procesos que seguirá la instalación diseñada para la fabricación de piezas moldeadas de material composite.

6.1 DESENROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURA INFERIOR (O VELO DE FIBRA PARA PIEZAS SIN COBERTURAS).

Para la realización de esta primera etapa han de distinguirse dos casos; el caso en el que la pieza final cuente con una cobertura inferior de cualquiera de los tipos compatibles (madera de densidad media, textiles, etc.) o que el acabado final de la pieza sea el poliuretano, es decir, que carezca de cobertura inferior.

Para el caso en que la pieza cuente con cobertura inferior, las operaciones a seguir serán las siguientes:

6.1.1 - Desenrollado de la cobertura inferior de la pieza.

Para poder diseñar una instalación que funcione de manera automática es importante que las materias primas a usar en la fabricación de las piezas sean susceptibles de ser bobinadas o estén fabricadas en continuo, ya que de esta manera se podrán emplear dispositivos de alimentación automática a la instalación.

6.1.2 - Corte a medida de la cobertura inferior en función de la pieza a fabricar.

Una vez se desenrolla la cobertura inferior se ha de cortar ésta a medida de la pieza ya que de esta manera se minimizarán las mermas en el proceso y se facilitarán posteriores operaciones.

6.1.3 - Colocación de la cobertura inferior ya cortada sobre mesa de alimentación.

Una vez se tiene la cobertura cortada a medida, se ha de colocar sobre una mesa de alimentación que se encontrará dentro de la cabina de aplicación de poliuretano.

Para el caso de productos finales sin coberturas el proceso es análogo, con la salvedad de que se utilizará un velo de fibra de bajo gramaje como soporte del sándwich que se ha de formar en vez de una cobertura inferior.

En ambos casos el material (bien la cobertura o el velo de fibra) deberá ser tensado mediante un dispositivo una vez colocado en la mesa de alimentación



para que sea posible colocar después los diferentes elementos necesarios para formar el sándwich sobre él.

6.2 APLICACIÓN DE POLIURETANO.

Una vez colocado el material en la mesa de alimentación, un robot aplicará poliuretano o poliuretano con fibra (si se requiere) sobre la cobertura inferior.

El poliuretano se aplica en la cobertura inferior (o velo de fibra) según un camino preprogramado, que variará en función de la pieza a fabricar.

6.3 COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE REFUERZO SOBRE LA COBERTURA INFERIOR.

Tras la aplicación de poliuretano sobre la cobertura inferior en la mesa de alimentación y una vez ésta está tensa, se colocará el material de refuerzo. En general se tratará de un "mat" de fibra de vidrio cuyo gramaje variará en función de los requerimientos de la pieza. Este "mat" será suministrado en bobinas con objeto de minimizar los tiempos de ciclo y conseguir una instalación lo más automatizada posible.

Para la colocación de este "mat" se procederá de manera análoga a la colocación de la cobertura inferior. Primero se desenrollará la bobina, después se realizará un corte a medida y posteriormente se colocará el material cortado sobre la cobertura inferior.

6.4 EXPANSIÓN Y COLOCACIÓN DEL NÚCLEO DE NIDO DE ABEJA.

Una vez colocado el "mat" de fibra sobre la cobertura se expande el nido de abeja y se corta de acuerdo con la longitud determinada por las dimensiones de la pieza final. Una vez éste se encuentra expandido y cortado a medida se coloca sobre el "mat" de fibra.

Es también posible utilizar materiales que no precisen ser previamente expandidos.

6.5 COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE REFUERZO SOBRE EL NÚCLEO DE NIDO DE ABEJA.

Al igual que en el punto 6.3, el material de refuerzo será en general un "mat" de fibra de vidrio que se colocará de manera análoga al inferior, desenrollando la bobina, cortando el material a la medida solicitada y colocándolo sobre el sándwich por último.



6.6 APLICACIÓN DE POLIURETANO.

De nuevo, mediante el uso de un robot, se aplicará poliuretano sobre el material de refuerzo y fibra en caso de que la geometría de la pieza así lo requiera.

6.7 DESPLAZAMIENTO DEL SÁNDWICH AL PUESTO SIGUIENTE.

El conjunto de núcleo, material de refuerzo y cobertura inferior se desplaza a un segundo puesto de manera que el primer puesto (situado en la cabina de aplicación de poliuretano) queda libre para que comience la formación de un nuevo sándwich.

6.8 DESENNROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURA SUPERIOR.

Dado que no todas las piezas a fabricar contarán con cobertura superior es preferible situar la realización de esta operación en un puesto alternativo al anterior, de manera que en caso de que el producto a fabricar no tenga cobertura superior esta etapa pueda simplemente saltarse.

Una vez situado el sándwich en el puesto se procederá al desenrollado, corte a medida y colocación de la cobertura superior en el sándwich.

6.9 INTRODUCCIÓN DEL SÁNDWICH A LA PRENSA.

Una vez completada la formación del sándwich, se introduce a la prensa.

6.10 PRENSADO DEL SÁNDWICH.

Se realiza, una vez introducido el sándwich a la prensa, el moldeo del conjunto en un molde calefactado que se encuentra sobre los platos de la prensa.

6.11 EXTRACCIÓN DE LA PIEZA FINAL.

Cuando termina el ciclo y la prensa se abre se procederá a la extracción de la pieza. La extracción de la pieza del molde se realizará de manera automática. Debido a que este tipo de piezas suelen adherirse levemente al molde dada la naturaleza adhesiva del poliuretano es necesaria la presencia de un operario que verifique la correcta extracción del producto final, y pueda detener el proceso en caso contrario.



Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas
moldeadas de material composite

6.Descripción del
proceso

La descripción del proceso a realizar arroja una idea general de cómo ha de ser diseñada la instalación para que sea capaz de realizar todos los procesos descritos.

Así, se especifican en el siguiente capítulo de manera detallada los elementos que son necesarios en la instalación para la realización del proceso aquí descrito.



7.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

En este capítulo se realiza una descripción detallada de los elementos con los que debe contar la instalación a diseñar para realizar el proceso de producción de piezas de material composite. La descripción de la instalación se basa en la descripción del proceso de producción.

Tras el análisis del proceso necesario para fabricar piezas de material composite de manera flexible y tratando siempre de optimizar el proceso al máximo, reduciendo las mermas al mínimo y automatizando el proceso en el mayor grado posible, se pasa a continuación a realizar una descripción detallada de los elementos necesarios para cada una de las operaciones del proceso. Se realizará también una lista de componentes adicionales necesarios para el funcionamiento de la instalación.

Se presenta a continuación un esquema con los elementos con los que contará la instalación (ver figura 7.1) para, posteriormente, describir cada uno de ellos con más detalle y poder identificar su situación en la instalación.

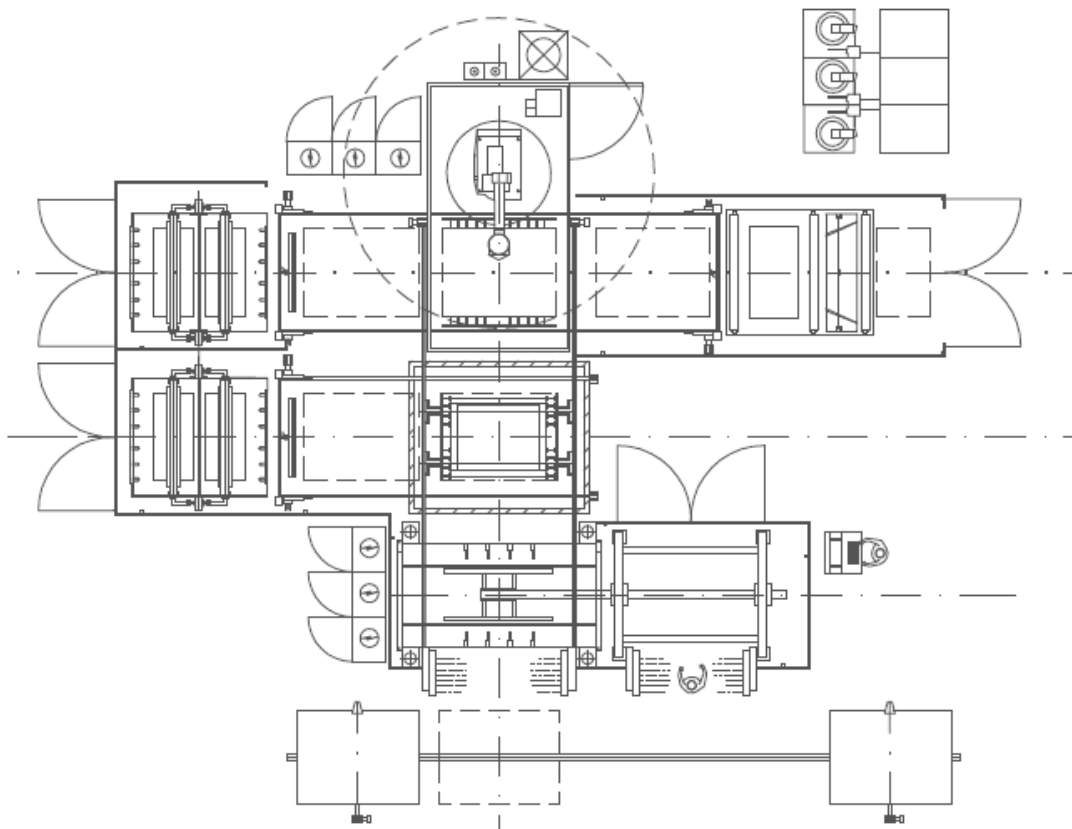


Figura 7.1. Esquema general de la instalación diseñada



7.1 ESTACIÓN DE DESENROLLADO, CORTE Y COLOCACIÓN DE COBERTURAS Y MATERIAL DE REFUERZO (SUPERIOR E INFERIOR).

Una de las operaciones más importantes que se realizan en la instalación durante el proceso de fabricación es la de desenrollado, corte y colocación de las coberturas (o el velo de fibra en caso de piezas sin coberturas) y los "mats" de material de refuerzo. Es fundamental la precisión en la realización de esta operación, pues de esta precisión depende en gran medida el acabado final de la pieza así como las mermas del proceso de fabricación.

Para la ejecución de estas operaciones es necesaria la inclusión en la instalación de unas estaciones que permitan tanto desenrollar y cortar el material bobinado (bien se trate de una cobertura o de un "mat" de material de refuerzo) como la colocación del mismo en la mesa de alimentación correspondiente.

Dado que el proceso de desenrollado, corte y colocación del material es igual tanto para los materiales de cobertura como para los "mats" de material de refuerzo y los velos de fibra, se incluirán en la instalación dos estaciones iguales; una para las operaciones que se realizan en la primera estación (colocación de la cobertura inferior / velo de fibra y colocación de los "mats" de material de refuerzo) y una segunda para la colocación de la cobertura superior en los casos en los que la pieza final así lo requiera.

Cada una de estas estaciones contará con los siguientes elementos:

- Portabobinas.
- Un manipulador de desenrollado de bobina y transferencia de material.
- Un sistema de corte.

Es obvio que cuanto mayor precisión se requiera en cada uno de estos procesos, mayor será el coste de la estación, por lo que se buscará un modelo que cumpla los requisitos de precisión exigibles al menor precio posible.

7.1.1 - Portabobinas.

Los portabobinas (ver figura 7.2) de cada una de las estaciones contarán con un freno de manera que la tensión en el material bobinado será la suficiente para que el proceso de corte sea lo más preciso posible.



Figura 7.2. Portabobinas automático. (25)

7.1.2 - Manipulador de desenrollado de bobina y transferencia de material.

Dado que el material a manipular será suministrado en bobinas (tanto las coberturas como los “mats” de material de refuerzo) es necesario incluir en la estación un manipulador con garras (ver figura 7.3) que sea capaz de desenrollar el material y disponerlo para su corte a medida.

El manipulador deberá coger el material mediante el uso de unas garras neumáticas ajustables (deberán ser ajustadas al ancho de la bobina con la que se esté trabajando) y arrastrarlo por raíles hasta colocarlo en la posición correcta para la realización del corte. Tanto la velocidad de arrastre de material como la longitud de arrastre del mismo deberán ser ajustables, pues variarán en función de la pieza que se esté fabricando así como de los materiales que se estén utilizando.

Una vez el manipulador arrastra el material hasta la longitud programada el sistema de corte actuará cortando el material a la medida solicitada.

La máxima velocidad de desenrollado de bobinas de este tipo de manipuladores es de unos 500 mm/s, en cualquier caso, suficiente para el proceso del que se está hablando.

Este mismo manipulador deberá, tras la realización del corte, colocar el material en la mesa de alimentación para la realización de la siguiente operación.

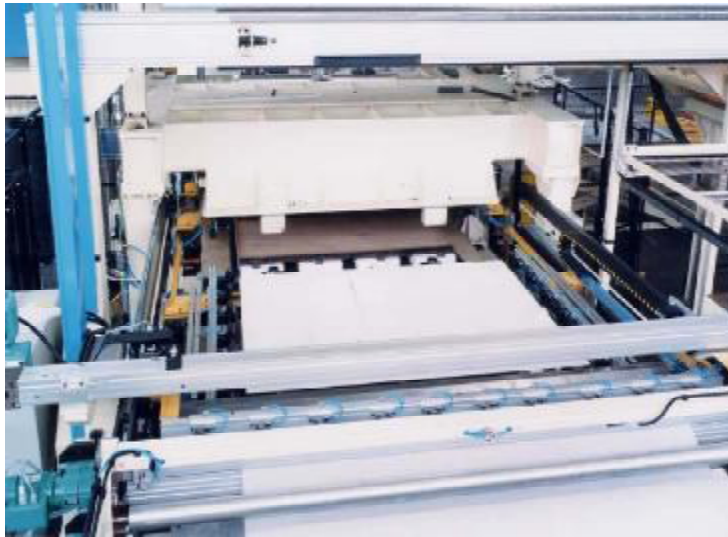


Figura 7.3. Manipulador de desenrollado de bobina y transferencia de material.

7.1.3 - Sistema de corte.

Tras la actuación del manipulador de desenrollado el material ha de ser cortado con precisión. Dadas las características de las materias primas utilizadas el sistema de corte más adecuado es el de cuchilla transversal.

Una vez colocado el material a la longitud programada la cuchilla se desplaza transversalmente en un carro sobre el material. El corte deberá ser tal que cumpla con una tolerancia de ± 2 mm en longitud.

El sistema de corte deberá contar también con un sistema de aspiración que elimine el residuo generado en el corte del material con objeto de que éste llegue sin impurezas a su posición final.

En el plano general estas estaciones están representadas de acuerdo al esquema de la figura 7.4

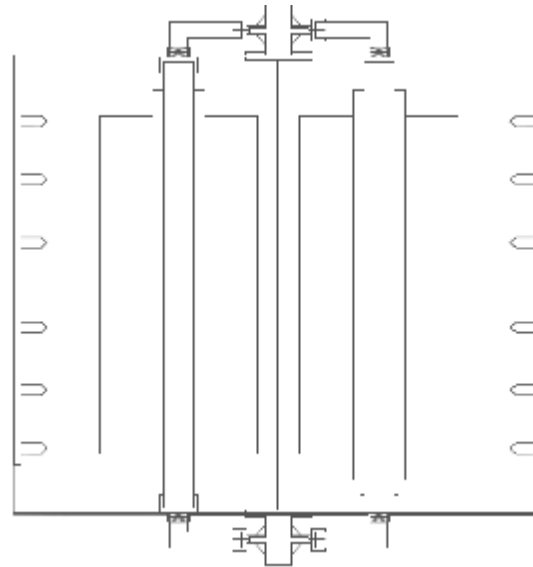


Figura 7.4. Estación de desenrollado, corte y colocación de
coberturas y material de refuerzo

7.2 EXPANSORA DE NIDO DE ABEJA.

Dado que la alternativa escogida contempla el uso de nido de abeja fabricado en continuo, es necesario incluir en la instalación una mesa expansora de nido de abeja. Esta mesa se situará en el lado opuesto a los portabobinas y contará también con un manipulador idéntico al de las estaciones de desenrollado de bobinas y de una unidad de corte.

La mesa expansora consiste en una mesa con dos rodillos traccionados que, por diferencia de velocidad entre ellos, estiran el nido de abeja. El coeficiente de expansión depende del formato inicial y final del nido de abeja utilizado. Se toma como coeficiente de expansión óptimo del nido de abeja el 75%.

Una vez expandido el nido el manipulador lo sujeta mediante unas garras neumáticas y lo traslada una longitud pre-programada. Tras ésta operación, una unidad de corte análoga a la presente en las estaciones de desenrollado de bobinas corta el nido transversalmente. A continuación, el manipulador traslada el nido cortado a la mesa de alimentación y lo sitúa sobre la mesa de alimentación.



En el plano general la mesa expansora de nido está representada según la figura 7.5.

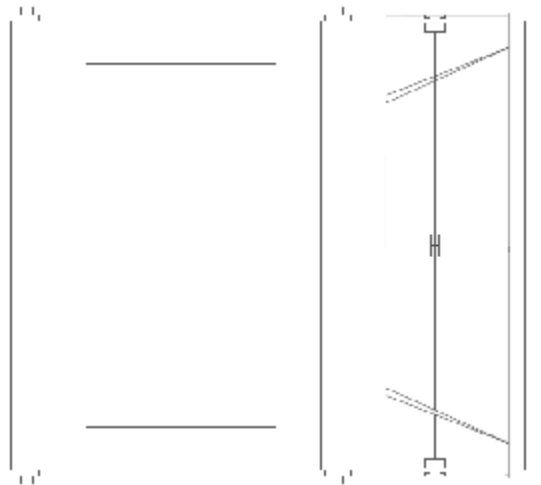


Figura 7.5. Mesa expansora de nido de abeja

7.3 MESA DE ALIMENTACIÓN

Con objeto de minimizar las mermas de proceso, la instalación debe evitar girar los paneles de manera que el poliuretano que se aplica sobre las caras de éstos se desprenda por gravedad. Por ello, la mesa de alimentación ha de contar con un sistema de garras neumáticas que tense la cobertura inferior o el velo de fibra sobre el que se formará el sándwich de coberturas, material de refuerzo y núcleo.

La mesa de alimentación contará con un marco que primero tensará la cobertura inferior (o el velo de fibra) mediante unas garras neumáticas y después sujetarán el sándwich completo para su traslado a la siguiente fase.

Las operaciones que se realizarán en esta mesa de alimentación serán las siguientes: Primero, el manipulador de desenrollado y transferencia del material coloca el material cortado sobre la mesa de alimentación. A continuación, un sistema de garras neumáticas dedicado sujeta esta primera cobertura y, mediante la rotación de las mismas, tensa esta primera capa. El objeto de esta operación es que a continuación se puedan colocar sobre ella las capas sucesivas de lo que a la postre será el material composite.



Una vez situadas todas las capas del material a fabricar un segundo dispositivo de garras neumáticas sujeta el conjunto completo para su posterior traslado a la siguiente fase.

Se muestra en la figura 7.6 la representación esquemática de la mesa de alimentación.

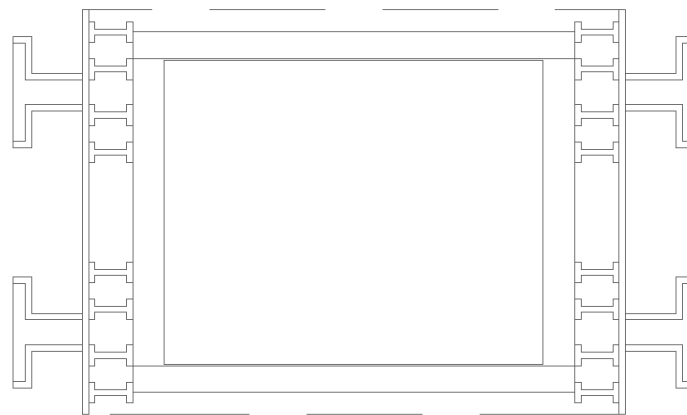


Figura 7.6. Mesa de alimentación

7.4 CABINA DE ASPIRACIÓN.

La mesa de alimentación se encontrará situada dentro de una cabina de aspiración, lugar donde se realizará la aplicación de poliuretano. La cabina de aspiración contará con un ventilador circular acoplado a un motor eléctrico de 5,5 kW y los filtros necesarios. Además, esta cabina de aspiración contará con tres puertas neumáticas para aislarla tanto de los alimentadores de coberturas y nido de abeja como de la prensa.

7.5 ROBOT DE APLICACIÓN DE POLIURETANO.

La aplicación de poliuretano sobre los diferentes materiales será realizada por un robot antropomórfico de 6 ejes. Este robot tendrá acoplado un cabezal mezclador tricomponente de alta presión que conferirá a la instalación una mayor flexibilidad.

El utilizar un cabezal mezclador tricomponente permite el uso de dos tipos de poliuretano diferente. Así, podrán utilizarse diferentes poliuretanos en función de la pieza a producir o incluso dos poliuretanos diferentes en la



misma pieza, dando la capacidad de, por ejemplo, utilizar un poliuretano de baja densidad para realizar relleno en contornos de piezas y espuma rígida de poliuretano para las partes de la pieza con altos requerimientos mecánicos.

El robot será capaz de realizar con precisión recorridos pre-programados para la aplicación de poliuretano sobre las piezas a fabricar.

El cabezal de aplicación de poliuretano contará además con un sistema de aplicación de material de refuerzo (Roving), que dará a la instalación la posibilidad de reforzar las piezas que se estén fabricando en puntos determinados que así lo requieran, como por ejemplo puntos donde los requerimientos mecánicos sean especialmente altos o lugares donde el espesor de la pieza es significativamente mayor al espesor del núcleo utilizado en su fabricación.



Figura 7.7. Robot de aplicación de poliuretano y cabina de aspiración.



En el plano de la instalación el robot se representa por el siguiente esquema (ver figura 7.8)

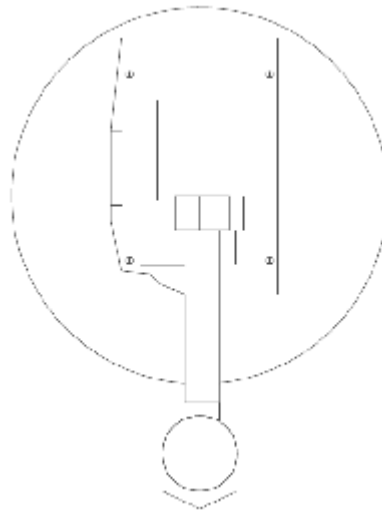


Figura 7.8. Esquema de Robot antropomórfico de 6 ejes

7.6 SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL.

Una vez realizada la aplicación de poliuretano sobre el panel a fabricar es necesario realizar la transferencia del sándwich completo a través de la instalación; primero a un segundo puesto donde se situará la segunda de las estaciones de desenrollado, corte y colocación de coberturas (en este caso concreto la estación destinada a la manipulación de la cobertura superior) y después a la prensa de la instalación.

Ya que sólo algunos de los productos fabricados contarán con cobertura superior es preferible situar el manipulador de esta cobertura en un puesto alternativo, ya que de esta manera puede simplemente saltarse esta estación de la producción en caso de que no sea necesaria para el producto final.

El sistema de transferencia de material a través de la instalación consistirá simplemente en unos raíles a través de los cuales se desplazará la mesa de alimentación en la que se ha constituido previamente el sándwich de coberturas, material de refuerzo y núcleo. Tanto la velocidad de desplazamiento de la mesa a través de los raíles como la posición de la misma en la instalación deberá ser regulable.



El sistema de transferencia del material se corresponde en el plano con la figura 7.9.

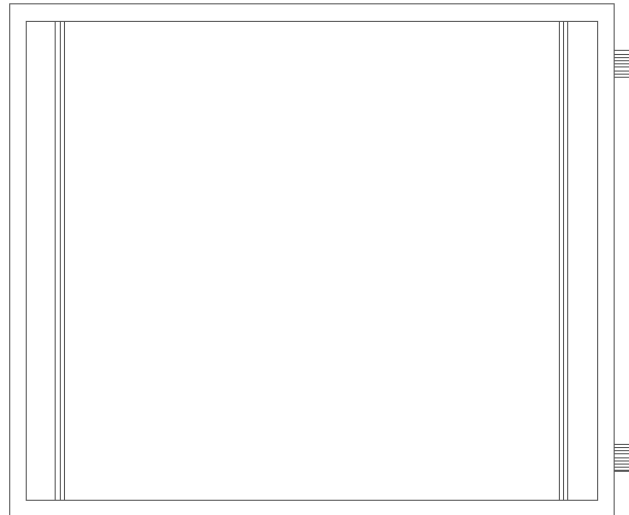


Figura 7.9. Sistema de transferencia de material

7.7 PRENSA.

Dadas las características del proceso de fabricación de piezas de material composite es necesaria la inclusión en la instalación de una prensa de curado de platos calientes de gran tonelaje.

Los componentes más importantes de la prensa de la instalación serán los siguientes:

- Estructura soporte (bancada) compuesta por una base, cuatro columnas y una estructura superior donde se acoplarán los cilindros hidráulicos de la prensa. Debido a las dimensiones de la prensa deberá ir cimentada y correctamente anclada al suelo.
- Plato superior móvil con raíles para su desplazamiento guiado a través de las cuatro columnas de la estructura principal. La posición de este plato será controlada mediante el uso de un potenciómetro y los micros necesarios para garantizar la seguridad de la instalación.
- Dos cilindros hidráulicos de doble efecto para la realización del desplazamiento vertical del plato superior de la prensa así como la fuerza de prensado necesaria para la fabricación de las piezas.
- Plato inferior fijo integrado en la estructura soporte.



- Ambos platos (superior e inferior) han de ser calefactables hasta al menos 150 °C mediante el uso de un circuito de aceite diatérmico que contará con la caldera necesaria y quedará aislado de la prensa mediante paneles aislantes.
- Ambos platos contarán con carriles en forma de T para la correcta fijación con tornillos de los moldes que se utilizarán en cada uno de los platos.
- El plato inferior contará con un sistema que permita el cambio rápido de molde a través de carros móviles por raíles. Este sistema permitirá desplazar el molde fuera de la prensa para que otro pueda ser situado en ella rápidamente, reduciendo al máximo el tiempo de cambio de molde, ya que este tiempo de cambio de molde encarece en la actualidad las piezas de manera notable.
- Protección contra caídas.

Algunos de los datos técnicos más relevantes de la prensa necesaria para la fabricación de piezas de material composite de grandes dimensiones son los siguientes:

- Dimensiones (efectivas) de los platos.....2500 x 2000 mm
- Luz entre columnas.....2800 x 2200 mm
- Luz máxima.....1200 mm
- Ancho plato superior.....800 mm
- Velocidad máxima bajada.....300 mm/s
- Velocidad máxima subida.....200 mm/s
- Fuerza máxima de prensado.....3000 kN
- Fuerza máxima de subida.....300 kN
- Peso máximo admisible (molde superior).....2000 kg
- Peso máximo admisible (molde inferior).....2000 kg
- Altura molde cerrado.....400 mm
- Paralelismo entre platos bajo carga..... ± 0.2 mm/m
- Flexión bajo carga(2/3 del área de los platos bajo carga).... ± 0.1 mm/m
- Seguridad.....De acuerdo a norma CE



Figura 7.10. Prensa de platos calientes

En el plano de la instalación se representa la prensa mediante la figura 7.11.

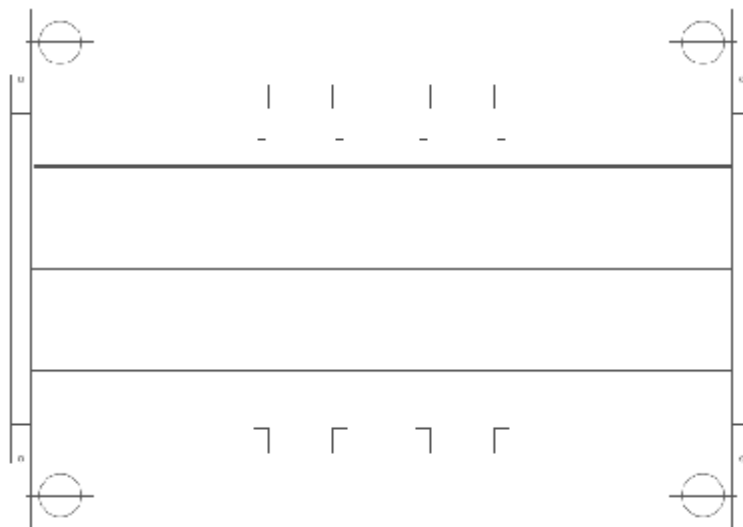


Figura 7.11. Esquema de la prensa



7.8 MÓDULO DE CAMBIO RÁPIDO DE MOLDE.

Dada la gran variedad de piezas a fabricar en la instalación proyectada, los cambios de molde que se realizarán en la misma serán bastante frecuentes. Este hecho motiva la inclusión en la instalación de un sistema de cambio de moldes eficiente.

Este sistema consiste en el desplazamiento de los moldes a través de raíles mediante el uso de carros propulsados por un motor eléctrico. Un carro portamoldes permitirá introducir o extraer el molde en la prensa. Cada carro portamoldes contará con un sistema de cadena que ayudará al operario a introducirlo o sacarlo de la prensa.

Además, es necesaria la introducción de un sistema que permita el rápido centrado de los moldes en la mesa de la prensa. Este sistema deberá formar parte del molde.

El sistema de cambio rápido de molde se representa por el siguiente esquema en el plano general de la instalación:



Figura 7.12. Módulo de cambio rápido de molde

7.9 CABINAS ELÉCTRICAS.

Todo el hardware eléctrico de la instalación o al menos la mayor parte del mismo estará contenido en 6 cabinas eléctricas de las siguientes características:

- Voltaje: 400 V
- Control: 230/110 V PLC Siemens.
- Voltaje auxiliar dentro de la cabina eléctrica: 110 V AC 50 Hz; 24 V DC.
- Espacio libre: 10 - 15 %.



- Voltaje entradas y salidas PLC Siemens: 24 V DC.
- Protección: Interruptores magneto-térmicos.

Las cabinas eléctricas se representan mediante el siguiente esquema en el plano de la instalación:

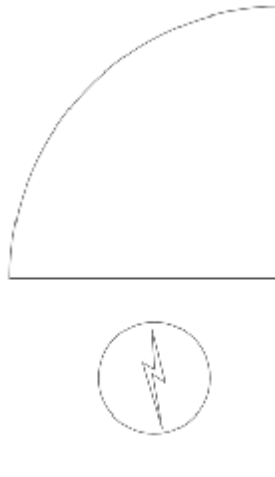


Figura 7.13. Cabina eléctrica

7.10 MANIPULADOR AUTOMÁTICO DE DESCARGA.

Para la descarga de las piezas se incluye en la instalación un manipulador cartesiano de 2 ejes. El sistema de expulsión deberá estar provisto de garras neumáticas para la manipulación de las piezas finales y será ayudado por un sistema de expulsores neumáticos incluidos en el molde cuya misión será despegar la pieza fabricada del molde.

Este manipulador cogerá la pieza y la trasladará a una mesa de descarga situada a la derecha de la prensa, a una altura ergonómica para el operador. El recorte (en los casos en los que exista) se eliminará de manera manual.

Para que la instalación tenga mayor flexibilidad este manipulador cuenta con la posibilidad de situar insertos en el molde a la vez que realiza la operación de extracción de la pieza, de forma que, sin el uso de otros dispositivos, pueden introducirse insertos (metálicos, plásticos...) en el molde de modo que estos queden embebidos en la pieza una vez esta se moldee.



Figura 7.14. Manipulador automático de descarga.

El manipulador de descarga se representa en el plano según el esquema
mostrado en la figura 7.15:

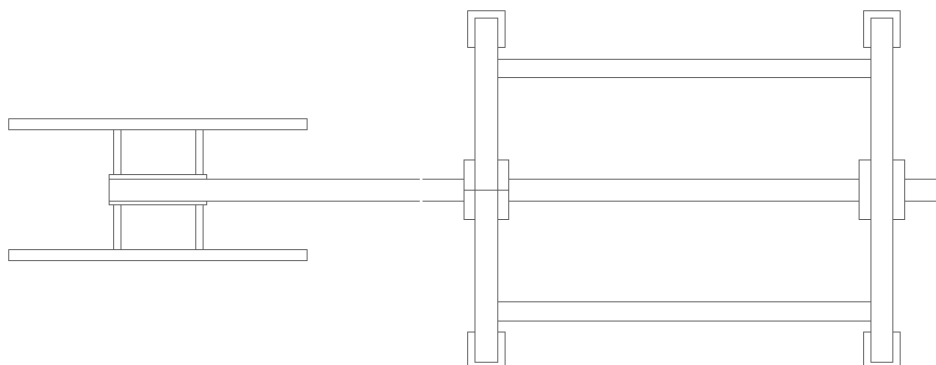


Figura 7.15. Esquema de manipulador automático de descarga



7.11 BARRERAS DE SEGURIDAD.

Todas las zonas que puedan entrañar algún peligro en la instalación estarán provistas de barreras de seguridad. Además, todas las puertas de la instalación estarán provistas de interruptores de seguridad que interrumpan el proceso si alguna se encuentra abierta.

Las barreras de seguridad con fotocélula se situarán tanto en frente de la prensa (donde se realizará la extracción de los moldes) como en frente de la mesa de descarga.

En cada puesto donde pueda encontrarse un operario existirá un interruptor de seguridad que detendrá la instalación de inmediato en caso de ser pulsado.



Figura 7.16. Barreras de seguridad con fotocélula. ⁽²⁶⁾

En el plano de representación de la instalación las Barreras de seguridad con fotocélula se representan de la siguiente manera (ver figura 7.17)


	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	7. Descripción de la instalación
---	---	----------------------------------



Figura 7.17. Esquema de barreras de seguridad con fotocélula.

Las barreras de seguridad simples se representan por una doble línea continua.

7.12 LISTA DE COMPONENTES ADICIONALES.

Se incluye a continuación una lista de componentes estándar adicionales que habrán de incluirse en la instalación para su funcionamiento, así como posibles proveedores de estos componentes.

7.12.1 - Componentes hidráulicos.


Tabla 7.1 Componentes hidráulicos.

COMPONENTE	PROVEEDOR/ES
Bombas	Rexroth, Cannon std.
Válvulas y distribuidores	Rexroth, Hawe
Válvulas proporcionales	Rexroth
Tarjetas de control	Rexroth
Cilindros	Cannon Std. (según ISO)
Tuberías	Según Norma DIN 2353/Iso 8434-1e-4
Transductores de presión	Trafag

7.12.2 - Componentes neumáticos.

Tabla 7.2 Componentes neumáticos

COMPONENTE	PROVEEDOR/ES
Bombas de vacío con interruptor de presión	SMC
Válvulas	FESTO
Cilindros	Cannon Std. (según ISO)
Bombas de vacío	Becker

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	7. Descripción de la instalación
---	---	----------------------------------

7.12.3 - Componentes eléctricos.

Se presentan en la siguiente tabla parte de los componentes eléctricos adicionales necesarios para la puesta en marcha de la instalación.

Tabla 7.3 Componentes eléctricos.

COMPONENTE	PROVEEDOR/ES
PLC	Siemens
Conectores multipolares	Harting
Cabinas eléctricas	Zanardo
Interruptor principal	Cannon Std.
Interruptores electromagnéticos	Siemens
Interruptores para protección del motor	Siemens
Micros fin de carrera	Siemens
Interruptor de proximidad	Siemens
Relés	Siemens
Caja de relés	Omron
Luces de encendido/apagado	Cema
Tomas de corriente	Estándar de mercado
Terminales	Estándar de mercado
Conectores y terminales aislados	Cannon Std.
Cables flexibles aislados	Cannon Std.
Placa de bornas	Weidmüller
Fotocélulas	Sick
Transformadores	Estándar de mercado
Motores AC	Estándar europeo, GE
Termoreguladores	Tooltemp
Barreras de seguridad	Sick

7.13 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE ESPUMACIÓN DE POLIURETANO.

Se presentan a continuación las características técnicas y componentes más importantes de la línea de aplicación de poliuretano:


	<div>Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite</div> <div>7. Descripción de la instalación</div>
---	--

Tabla 7.4 Características técnicas y componentes más importantes de la línea de aplicación de poliuretano.

COMPONENTE	
Aplicación de poliol e isocianato (proporción 1:1)	
Mínimo:	130 g/s
Máximo:	660 g/s
Dos bombas de alta presión con salida constante de 12 cm ³ /rev para ambos componentes.	
Consumo de potencia máximo:	28 kW
Alimentación eléctrica:	400 V a 50 Hz
Consumo de aire (por disparo a 6 bares de presión):	80 ml
Dos motores de eje único con inversores de frecuencia (*).	

* Los inversores son necesarios para dotar a la instalación de la capacidad de realizar disparos con diferentes caudales, es decir, para poder cambiar la cantidad de poliuretano aplicado en función de la trayectoria seguida en cada momento.

Se describen a continuación los elementos necesarios más importantes que han de estar presentes en la instalación.

7.13.1- Grupo de Tanques atemperados.

Serán necesarios tres tanques revestidos de acero al carbono de 200 litros de capacidad cada uno, presurizados, atemperados y probados hasta 11 bares de presión. Cada uno de estos tanques deberá contar de los siguientes elementos:

- Aislamiento tipo Armaflex para evitar condensaciones. El Armaflex es un Aislamiento térmico de espuma elastomérica a base de caucho sintético flexible, de estructura celular cerrada y con un elevado factor de resistencia a la difusión de vapor de agua.
- Un agitador mecánico.
- Una válvula de seguridad.
- Una válvula de seguridad de sobrepresión.
- Una válvula aliviadora de presión para realizar disminución de presión durante el llenado del tanque.



- Una válvula de cierre manual.
- Una válvula de drenaje manual.
- Un indicador visual del nivel de llenado del tanque.
- Sensores magnéticos de 4 puntos ajustables (alarma de mínimo, comienzo de llenado, fin de llenado y alarma de máximo).
- Una sonda de temperatura PT100 y un transductor instalados dentro del tanque.
- Un manómetro para la presurización del circuito (realizada ésta mediante aire seco)
- Una resistencia de calentamiento instalada alrededor del revestimiento del tanque (de 1.5 kW de potencia).
- Un circuito de agua.
- Un intercambiador de calor para la refrigeración (de al menos 2m² de superficie de intercambio)
- Un sistema de llenado automático a través de una válvula on/off de accionamiento neumático.
- Un enfriador

El grupo de tanques atemperados se representan en la instalación mediante el siguiente esquema (ver figura 7.18).

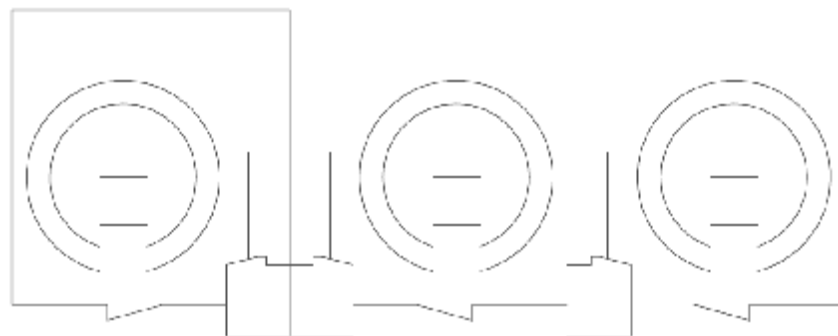


Figura 7.18. Grupo de tanques atemperados



7.13.2 - Bomba dosificadora.

Para la realización de una dosificación precisa, es necesaria una bomba dosificadora con los siguientes elementos:

- Tres motores eléctricos AC
- Tres bombas de pistón de alta presión (de salida fija) de $12 \text{ cm}^3/\text{rev}$ en ambos lados (tanto en el lado del isocianato como en el lado del polioli).
- Tres válvulas de seguridad de alta presión instaladas en cada una de las bombas.
- Tres balsas colectoras montadas bajo las bombas de alta presión para eventuales fugas.
- Un circuito de lubricación forzada instalado en el lado del isocianato.
- Tres cartuchos de filtro montados aguas arriba de las bombas de alta presión.
- Tres manómetros digitales de alta presión montados aguas abajo de las bombas para controlar la presión de salida de las bombas. Dos contactos (máximo y mínimo) controlan el valor de la presión de salida. Cuando se alcanza el máximo la máquina se apaga automáticamente, cuando es el mínimo el que se alcanza el vertido se ha completado, pero cualquier operación posterior se inhibe.
- Tres manómetros digitales de baja presión montados aguas arriba de las bombas para controlar la presión de entrada a las bombas. En este caso, sólo existe un contacto de mínimo para proteger a la bomba de cavitación en caso de que el material no tenga suficiente presión a la entrada.
- Distribuidores by- pass para la recirculación del flujo de baja presión.

La bomba de dosificación se representa según la figura 7.19 en el plano de la instalación.

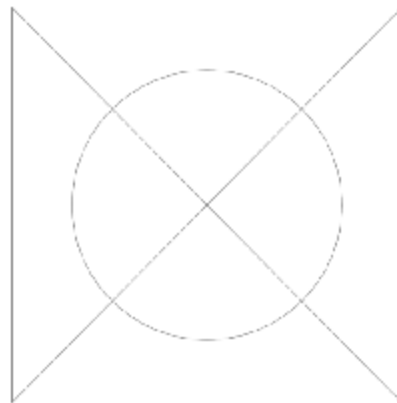


Figura 7.19. Bomba dosificadora

7.13.3 - Controles.

Se instalará una cabina eléctrica de control en el bastidor de la instalación compuesta de:

- Relés de protección del motor
- Inversores para poder realizar el ajuste de la velocidad de los motores
- Relés de protección de los elementos de regulación térmica (resistencias, intercambiadores de calor...)
- Autómata programable (PLC Siemens S7).
- Instrumentación de control para cabezal de mezcla de alta presión.
- Pulsador de emergencia conectado a relé de seguridad.
- OVS (Output Visualisation System): Sistema de visualización integrado en el PLC que incluye dos caudalímetros para la visualización a través de un display de los siguientes parámetros (valores reales):
 - Salida de polioli
 - Salida de isocianato
 - Ratio Polioli - Isocianato
- Un display de control gráfico táctil Siemens en color de 6 pulgadas.
- Control de bucle cerrado de salida y ratio polioli-isocianato: El sistema compara el valor fijado y el valor real de la salida y el ratio de polioli e isocianato (medidos por los caudalímetros) y ajusta automáticamente la velocidad del motor en caso de existir desviaciones entre ambos valores.
- Ciclo fin de semana: El "weekend cycle" es un software que hace que, periódicamente, se ejecuten ciclos de recirculación aún en periodos de



paro de la instalación. Es posible ajustar tres temporizadores en este software:

- T1: tiempo entre dos ciclos completos.
- T2: duración del ciclo de recirculación de baja presión.
- T3: duración del ciclo de recirculación de alta presión.

7.13.4 - Kit de aplicación de Poliuretano.

El kit de aplicación de poliuretano estará compuesto de los siguientes elementos:

- Cabezal de aplicación tricomponente de alta presión. Este cabezal estará formado por:
 - Cuerpo de acero al carbono.
 - Pistón hueco autolimpiable.
 - Sistema de alimentación de material de refuerzo tipo Venturi.
 - Pistón ranurado para facilitar el reciclado de sustancias químicas cuando se encuentre en la posición de cerrado.
 - Dos inyectores de aguja.
 - Dos electroválvulas para el control del cabezal de mezcla
 - Dos interruptores de proximidad para el control de las secuencias de trabajo de autolimpiado y los pistones de vertido.

Características principales:

Tabla 7.5 Propiedades del cabezal

Rango de aplicación de material de refuerzo:	0-210 g/s
Rango de aplicación de Poliuretano	80-500 g/s

Para un óptimo rendimiento de la espuma se han considerado las siguientes relaciones entre el material de refuerzo y el poliuretano aplicado

Tabla 7.6 Relaciones optimas entre el material de refuerzo y el poliuretano aplicado

MATERIAL DE REFUERZO	POLIURETANO
210 g	Max 300 g
150 g	Max 400 g
<150 g	Max 500 g



- Observaciones:

La salida de material de refuerzo puede ser reducida a 0 g/s apagando el motor de troceado de material de refuerzo. La salida mínima de material de refuerzo está directamente relacionada con la mínima velocidad del motor de troceado en condiciones normales.

Hay también que tener en cuenta que la máxima salida de PU no es compatible con la máxima salida de material de refuerzo a través del cabezal.

7.13.5 - Unidad Hidráulica.

La unidad hidráulica del cabezal de alta presión contará con las siguientes características técnicas:

- Capacidad mínima del tanque de aceite: 75l
- Capacidad mínima de la bomba hidráulica: 13 l/min
- Potencia del motor eléctrico 5.5 kW
- Tamaño mínimo del acumulador: 10 l (precargado a 100 bares)

La unidad hidráulica se completa con los siguientes componentes:

- Filtro en la línea de retorno
- Intercambiador de calor
- Válvula de seguridad de sobrepresión (calibrada a 250 bares)
- Control de nivel visual
- Válvula de alivio de la bomba
- Manómetro
- Sistema de distribución por chorro de aire. (AJDS*)

*Mediante un sistema neumático especialmente diseñado por Cannon para este tipo de instalaciones acoplado a la salida del cabezal se puede obtener una mejor calidad de la aplicación de la mezcla de PU y material de refuerzo sobre los paneles. El sistema consiste en cuatro inyectores de aire alternantes que dirigen la mezcla saliente del cabezal en dirección vertical. Para el control de estos inyectores Cannon ha desarrollado una tarjeta controladora especial que permite programar la alternancia de estos inyectores, de manera que se pueden realizar diferentes geometrías en la aplicación de la mezcla de PU y material de refuerzo sobre el panel. Así, se puede optimizar la forma de aplicación de la mezcla en función de la geometría de la pieza y sus dimensiones, obteniendo resultados mucho más precisos que los obtenidos con cabezales tradicionales sin la presencia de estos inyectores.



- Características principales del sistema de aplicación con el sistema AJDS (Air Jets Distribution System):
 - Superior calidad de aplicación de la mezcla y flexibilidad en la forma de aplicación de la misma.
 - Distribución mejorada y más homogénea del material de refuerzo (se suprimen las áreas sin fibras o con bajo contenido en fibra).
- Observaciones:

Tanto el caudal de aire necesario para el sistema Venturi como el necesario para el ADJS se deben suministrar con un compresor independiente de la instalación por ser ambos sistemas opcionales para los productos fabricados en la misma (no van a funcionar en todos los procesos de fabricación ya que solo serán aptos para algunos de ellos). Por ello, el compresor necesario para el funcionamiento de estos dos sistemas no está contemplado como parte de la instalación.

7.13.6 - Sistema "Roving" de aplicación localizada de material de refuerzo.

Se ha decidido incluir en la instalación un sistema que permita la aplicación localizada de material de refuerzo en aquellas aplicaciones que así lo requieran.

El sistema más extendido y contrastado para este fin es el desarrollado por Cannon, por lo que el sistema a implantar en la instalación será preferiblemente de esta marca comercial. Cannon ha desarrollado un sistema de almacenamiento y alimentación de material de refuerzo cuya configuración consiste básicamente en una unidad de almacenamiento y una combinación de tuberías rígidas y flexibles que unen la unidad de almacenamiento con el cabezal de mezcla. Ya que el uso de esta tecnología tan sólo va a ser ocasional, se elegirá el modelo estándar por ser el de menor coste.

Esta versión consiste en 2 líneas de alimentación. Cada una de ellas cuenta con un embudo, un sensor de movimiento del material de refuerzo, un sistema Venturi, tuberías rígidas y flexibles así como todas las conexiones y adaptadores necesarios. El motivo de incluir dos líneas de alimentación al cabezal es que se pueda seguir trabajando cuando la unidad de almacenaje de una de ellas se gaste.

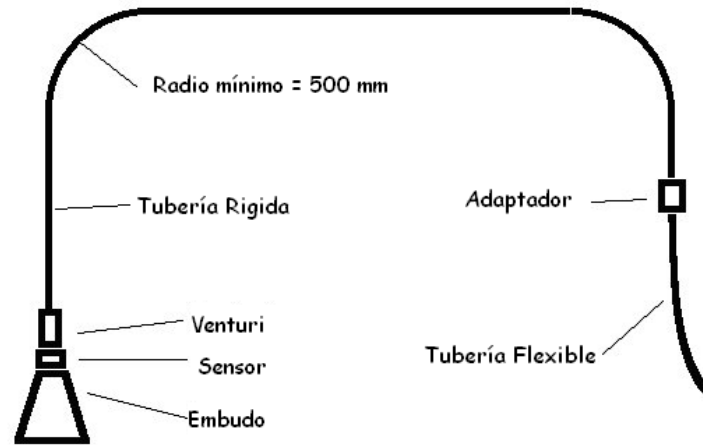


Figura 7.20. Esquema de línea de alimentación de fibra en hilos

El embudo se sitúa directamente sobre el área de almacenamiento. Normalmente, el material de refuerzo en fibra se suministra en cajas donde el final de un rollo viene directamente unido al siguiente.

El sensor de movimiento es necesario por dos motivos. Primero, para asegurar que el material está fluyendo adecuadamente y no se han producido atascamientos, y segundo, para parar la alimentación y pasar directamente a la otra línea en caso de que se acabe el suministro de material de refuerzo.

En el plano esquemático de la instalación este sistema se representa como puede verse en la figura 7.21.



Figura 7.21. Esquema de alimentación del sistema Roving

7.13.6.1 Unidad de troceado de fibra.

Esta unidad estará compuesta de los siguientes elementos:

- Motor hidráulico



- Rueda de corte motorizado con alojamiento para cuchillas intercambiables.
- Detector de velocidad de salida de fibra.
- Sensor para detectar la velocidad de giro de la rueda de corte de fibra

7.13.6.2 Unidad hidráulica.

Unidad hidráulica para la operación del cabezal.

7.13.6.3 Sistema de alimentación tipo Venturi.

Un sistema de alimentación tipo Venturi se ha de instalar entre la unidad de troceado de material de refuerzo y el cabezal de mezcla de manera que quede garantizada una alimentación óptima de material de refuerzo al cabezal mediante aire comprimido.

Para poder detectar posibles atascamientos se ha de instalar también un sensor óptico en el sistema que detecte la fibra entrando al interior del cabezal. En caso de que este sensor detecte un fallo el ciclo de producción se detendrá de manera que se evite la fabricación de piezas defectuosas. Además, este sensor podrá indicar si la fibra no se está cortando adecuadamente, de manera que una alarma avisará de que las cuchillas de la rueda de corte deben ser sustituidas.

- Observaciones:

El aire comprimido necesario para el funcionamiento del sistema de alimentación tipo Venturi debe ser suministrado de un compresor alternativo al existente en la instalación.

7.13.6.4 Interfaz de control.

Se instalará un atril para el control de las distintas señales de la unidad de troceado de material de refuerzo. Este atril estará compuesto de los siguientes elementos:

- Controlador PLC (Siemens S7).
- Inversor para el control de la velocidad de la unidad de troceado de material de refuerzo.
- Relé para la unidad hidráulica.
- Controles para las operaciones de cantidad aplicada de material de refuerzo.
- Interfaz para controlar la aplicación real de material de refuerzo.



7.13.7 - Sistema ecológico de limpieza del cabezal.

Durante el proceso de limpiado del cabezal, el robot de 6 ejes debe mover éste a una unidad de limpiado donde el cabezal se limpiará con detergentes ecológicos. La limpieza del cabezal se realizará mediante una combinación de un flujo de aire con limpiadores ecológicos libres de cloruros en la unidad de limpieza del mismo. Este sistema se diseñará de manera que se pueda reciclar toda o la mayor parte del agente limpiador.

Será, básicamente, un sistema de circuito cerrado que permitirá el uso del mismo agente limpiador durante varios ciclos. El sistema estará compuesto de una bomba neumática de alta presión, de un tanque de al menos 60 litros de capacidad y de una cámara.

La limpieza del cabezal se realizará en dos ciclos. Durante el primer ciclo, el robot situará el cabezal en la cámara del sistema de limpieza, donde se realizará un primer disparo de aire con agente limpiador (que proporciona la bomba de alta presión desde el tanque). En este primer disparo se eliminará la mayor parte del poliuretano que haya podido, tras haber reaccionado, quedar adherido en el cabezal. Se realiza este primer disparo en una cámara independiente de manera que no se mezcle esta gran cantidad de poliuretano con el agente limpiador y pueda ser fácilmente retirado. El segundo ciclo del proceso de limpiado se realiza en el tanque de 60 litros, donde el flujo de aire con el detergente se hace circular a través del cabezal hasta que éste se encuentre en condiciones de volver a funcionar.

El sistema ecológico de limpieza del cabezal se situará dentro de la cabina de aspiración. En el plano se representa según la figura 7.22.

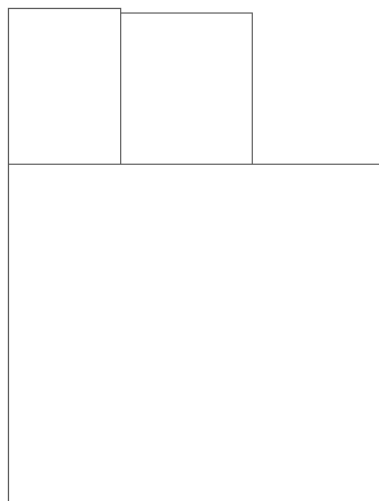


Figura 7.22. Sistema ecológico de limpieza del cabezal



7.14 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE POLIOL E ISOCIANATO.

La instalación contará con un espacio reservado para la conexión de los IBCs de polioliol e isocianato a los tanques atemperados. El almacenaje del mismo se hará de acuerdo al REAL DECRETO 379/2001 del 6 de Abril. Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias, que, para el caso del polioliol e isocianato habrán de tenerse en cuenta las siguientes:

- Instrucción técnica complementaria MIE-APQ 1. Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- Instrucción técnica complementaria MIE-APQ 7. Almacenamiento de líquidos tóxicos.
- Instrucción técnica complementaria MIE-APQ 6. Almacenamiento de líquidos corrosivos.



8.- ESQUEMA DE INSTALACIÓN FLEXIBLE PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS MOLDEADAS DE MATERIAL COMPOSITE.

Se incluyen en este capítulo los planos esquemáticos que representan el diseño de la instalación proyectada así como el lugar donde será situada la misma en la nave existente.

8.1 PLANO DE LA INSTALACION

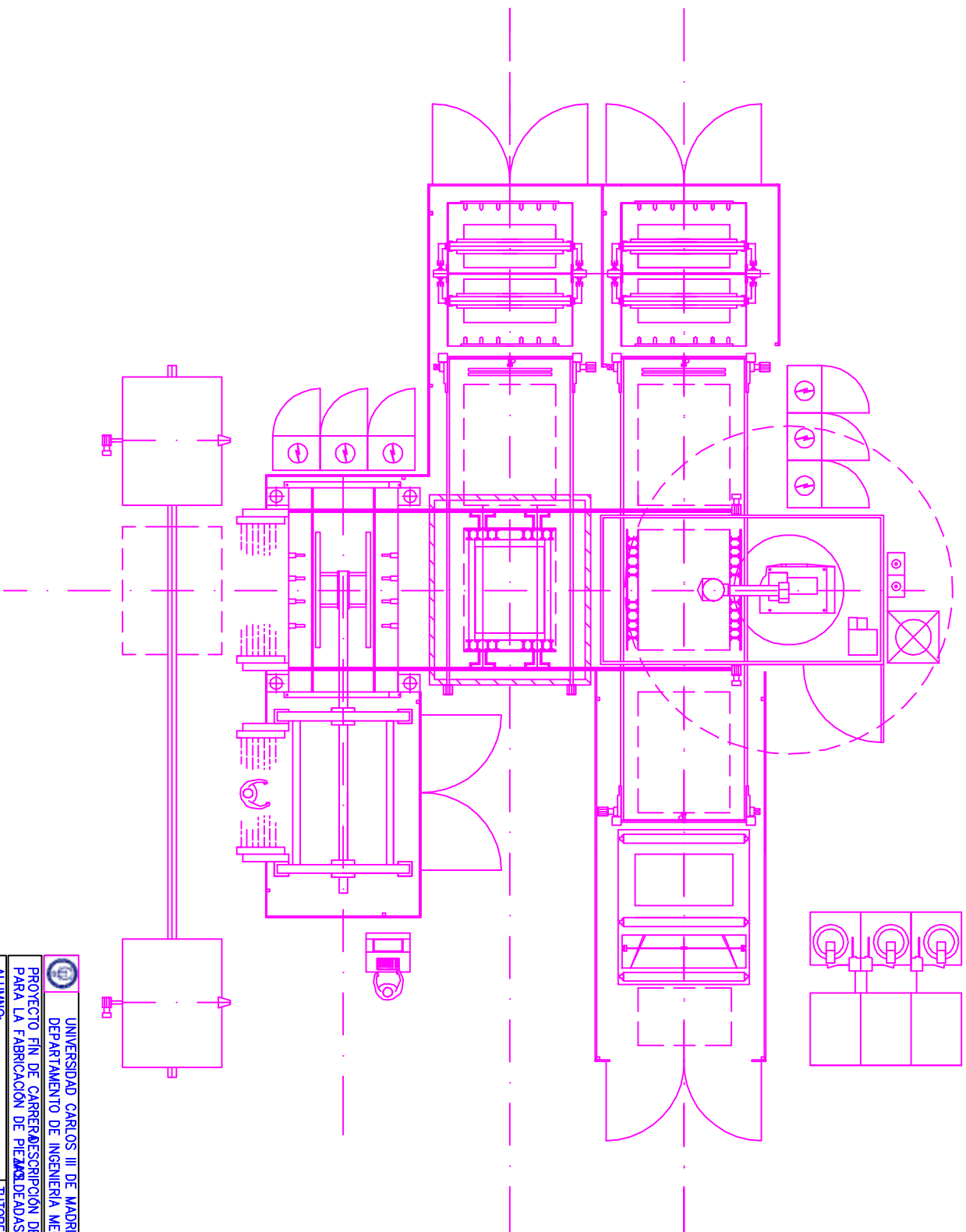
El plano número 1 representa la planta de la instalación diseñada

8.2 PLANO DE LA INSTALACION (ROTULADO)

El plano número 2 es igual que el 1, pero tanto los elementos más importantes como las cotas más relevantes de la instalación se encuentran identificados

8.3 PLANO DE UBICACION DE LA INSTALACION EN LA NAVE EXISTENTE.

El plano número 3 representa el lugar donde se ubicará la instalación en la nave existente. De este plano se deduce que las dimensiones de la instalación permiten una adecuada maniobrabilidad de la maquinaria necesaria para la carga y descarga de materias primas en la instalación así como no interfiere en los trabajos que se puedan estar llevando a cabo en zonas contiguas a la misma.




 UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR.
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN FLEXIBLE
 PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS DEADAS DE MATERIAL COMPOSITE

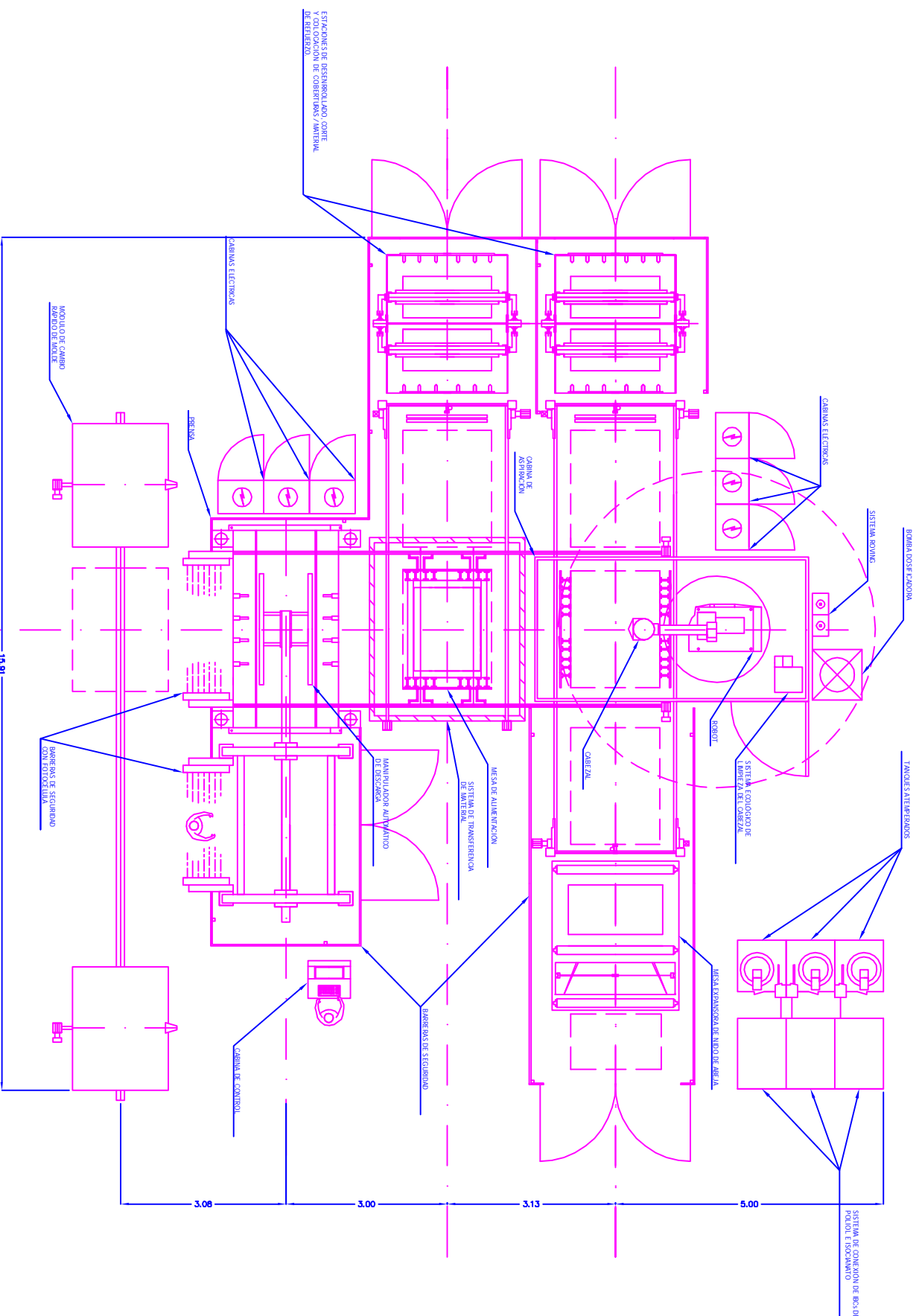
ALUMNO: CAROLINA ALVAREZ CAJIDAS
 TUTORES: CARLOS DE ALVARO MARTIN

PLAN DE: PLANTA DE LA INSTALACIÓN

ESCALA: 1/50

FECHA : FEBRERO 2010

PLANO N°: 1



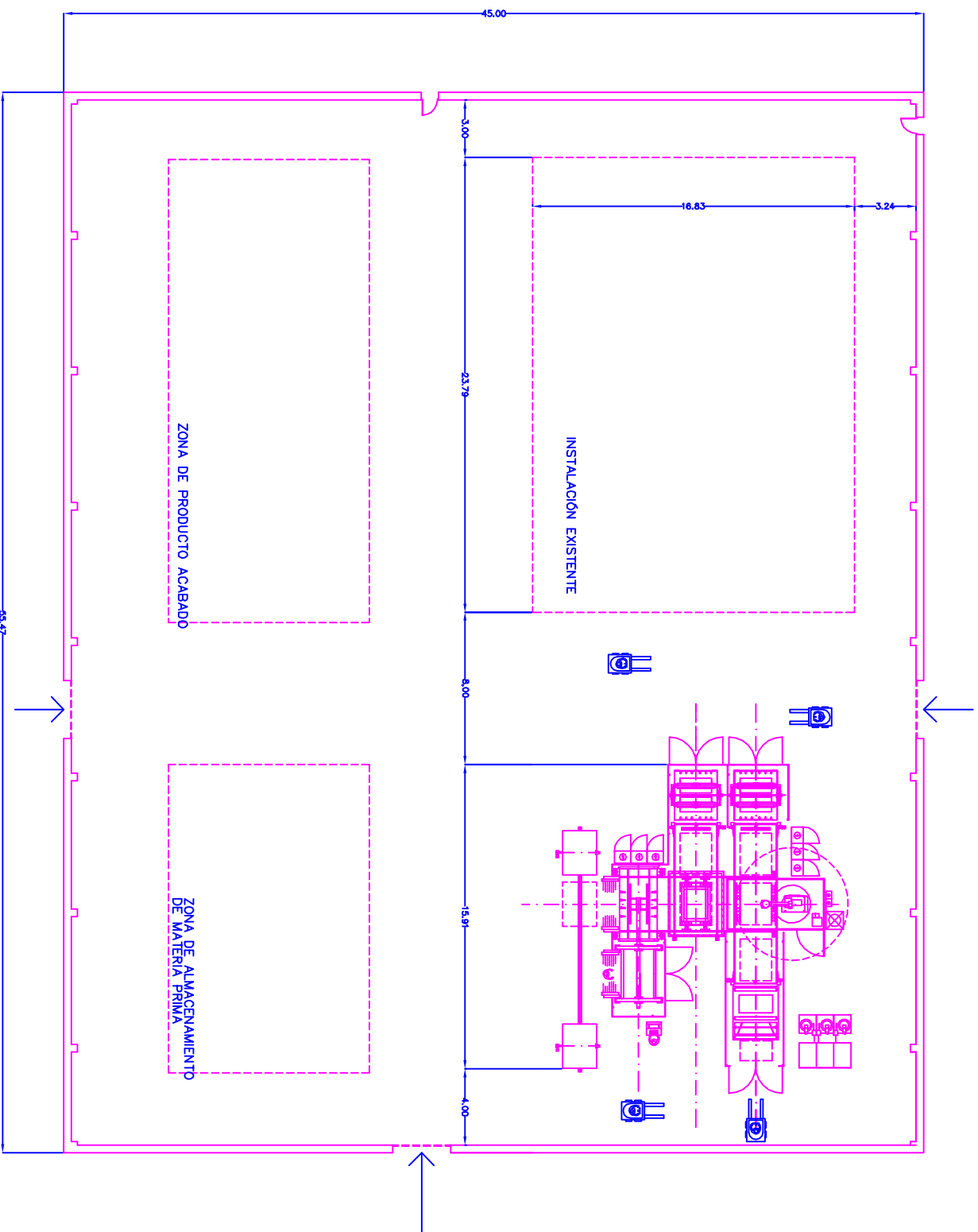
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA


PROYECTO FIN DE CARRERA DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN FLEXIBLE PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS DE MATERIAL COMPOSITE

ALUMNO: CAROLINA ALVAREZ CALDAS
TUTORES: CARLOS DE ALVARO MARTIN
BERNARDO DE RIVA SILVA

PLANO DE: PLANTA DE LA INSTALACIÓN. (ROTULADO)

ESCALA: 1/50
FECHA : FEBRERO 2010
PLANO N.º: 2



			
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA			
PROYECTO FIN DE CARRERA DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN FLEXIBLE			
PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS DE MATERIAL COMPOSITE			
ALUMNO:		TUTORES:	
BERNARDO DE RIVA SILVA		CAROLINA ALVAREZ CALDAS	
PLANO DE:		CARLOS DE ALVARO MARTIN	
UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN EN NAVE EXISTENTE			
ESCALA: 1/150		FECHA : FEBRERO 2010	
		PLANO N.º: 3	



9.- INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y MANEJO DE LA INSTALACIÓN.

El objetivo de este capítulo es ofrecer una guía sobre el manejo de la instalación diseñada y advertir sobre las precauciones necesarias para el manejo de la misma, así como el modo de actuación para el mantenimiento de la instalación. Se trata de una orientación que en ningún caso prevalece sobre las instrucciones específicas del fabricante.

9.1 NOTAS PRELIMINARES SOBRE LAS INSTRUCCIONES DE SERVICIO.

Estas instrucciones de servicio están concebidas para ayudar a conocer la máquina o instalación y para aprovechar las posibilidades de utilización conforme al objetivo previsto.

Las instrucciones de servicio comprenden observaciones importantes que resultan de especial importancia para el personal operario y de mantenimiento así como también para aquellas personas autorizadas para dar instrucciones a su respecto.

Estas observaciones deben ayudar a que la instalación se pueda accionar de forma segura y sin que se produzcan averías, logrando con ello un funcionamiento adecuado y económico. El cumplimiento de estas indicaciones ayuda a evitar riesgos y gastos de reparación, a reducir tiempos improductivos y a aumentar la fiabilidad y la vida útil de la instalación.

Por ello resulta indispensable que el grupo de personas que trabaje o vaya a trabajar en la instalación diseñada esté informado sobre estas observaciones.

Si fuera necesario, las instrucciones de servicio se deberán completar en base a las disposiciones locales existentes y en materia relativa al medio ambiente, pues las aquí descritas son válidas para una instalación situada en el polígono industrial Nicomedes García de Valverde del Majano, en Segovia.

Es imprescindible respetar las instrucciones de seguridad de los fabricantes de productos básicos de poliuretano así como las de los fabricantes de todos los aditivos y sustancias adicionales empleados para la producción. Las fichas técnicas de dichos productos se adjuntan como Anexo en el presente proyecto.

Las instrucciones de servicio siempre deben encontrarse a disposición en el lugar de empleo de la máquina o instalación.

Debe leerlas y aplicarlas toda persona encargada de trabajar con y en la instalación, por ejemplo en operaciones de:



- Servicio u operación, incluyendo la preparación, reparación de averías en el curso del trabajo, eliminación de residuos de producción, cuidado y eliminación de sustancias adicionales para la producción, etc.
- Mantenimiento
- Transporte

Además de las instrucciones de servicio y de las disposiciones obligatorias vigentes en España relativas a la prevención de accidentes, también se deben observar las normas técnicas para trabajar de forma segura y técnicamente adecuada.

9.2 INSTRUCCIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD

9.2.1 - Señales de advertencia y símbolos.

En las instrucciones de servicio se utilizan las siguientes denominaciones o señales para indicaciones de especial importancia:



Señal de peligro.

Aviso de peligro ante un lugar peligroso, en caso necesario combinado con una señal adicional.



Señal de prohibición.

Señal que declara la prohibición de accionar o intervenir en determinadas zonas de la instalación.



Señal de obligación.

Para destacar y denominar obligaciones especiales.

9.2.2 - Norma básica, utilización conforme al objetivo previsto.

La máquina o instalación estará construida atendiendo a la norma reconocida de la ingeniería de seguridad. Sin embargo, su utilización puede presentar riesgos para la salud física del operario o terceras personas. También pueden originarse riesgos, aunque en menor medida y desde luego de menor importancia para la instalación si ésta no se utiliza de manera adecuada.

La instalación solamente se debe utilizar cuando se encuentre en perfecto estado técnico y siguiendo constantemente las instrucciones de servicio para la prevención de riesgos y una utilización segura.

Se deben reparar (o hacer reparar) especialmente de forma inmediata aquellas averías que puedan mermar la seguridad de la instalación, como por



ejemplo, todas aquellas que tengan que ver con la protección de los operarios ante la instalación.

La instalación estará diseñada conforme a la directiva europea sobre equipos a presión (referencia), y destinada únicamente a la producción de espumas de poliuretano a partir de polioli e isocianato.

Es también de gran importancia que se cumplan en todo momento las instrucciones relativas al mantenimiento, inspección y calibración de todos y cada uno de los componentes de la instalación.

9.2.3 - Normas

La instalación y todos sus componentes deberán ser construidos dentro del ámbito de vigencia de la Comunidad Europea, teniendo en cuenta todas las disposiciones de la Directiva de la CE sobre Máquinas.

En este caso, se ha verificado que el lugar de utilización de la máquina cumple con la norma vigente en cuanto a instalación y medio ambiente.

Todo el personal que vaya a trabajar en dicha instalación deberá recibir una amplia formación sobre todos los ciclos de trabajo e instrucciones de seguridad y de prevención de accidentes de la instalación. Esta formación deberá repetirse en la medida en que sea necesario.

Resulta normalmente de gran utilidad estandarizar los ciclos de trabajo que se repiten y elaborar listas de verificación para controlar que se lleven a cabo los trabajos de mantenimiento e inspección de los diferentes componentes de la instalación.

En caso de dar empleo en la instalación a trabajadores de otras empresas o a trabajadores temporales se deberá prestar atención a que estas personas reciban una formación especial sobre el manejo y las instrucciones de seguridad, así como a que respeten y cumplan estrictamente todas ellas.

9.2.4 - Normas de servicio para depósitos a presión

Los depósitos a presión estarán diseñados conforme a la directiva EN sobre equipos a presión 97/23/CE ⁽²⁷⁾, aprobados y marcados con el signo de la CE. Otras normas y directivas para el diseño se indicarán en cada declaración de conformidad de cada uno de los componentes.

Para la puesta en marcha y vigilancia del equipo a presión será necesario ponerse en contacto con una entidad examinadora admitida para la categoría correspondiente de equipos a presión, que certifique la validez de la instalación del mismo.



Todos los depósitos a presión deberán ser examinados regularmente. Deberán realizarse test de prueba cada 5 años y pruebas de presión cada, al menos, 10 años.

Todos los equipos de presión deberán ponerse en marcha una vez la entidad examinadora valide su perfecto estado.

9.3 MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN

9.3.1 - Medidas generales de organización

Guardar siempre al alcance de la mano las instrucciones de servicio en el lugar de empleo de la instalación (en el panel de herramientas o en la caja prevista para este fin).

Para completar las instrucciones de servicio también deben observarse las regulaciones legales de validez general y demás regulaciones obligatorias para la prevención de accidentes y protección del medio ambiente, instruyendo al personal a este respecto.

Obligaciones de este tipo pueden referirse a, por ejemplo, el manejo de sustancias peligrosas, o a poner a disposición y/o llevar equipos de protección individual.

Es importante completar las instrucciones de servicio con indicaciones que incluyan la obligación de vigilancia y señalización atendiendo a las particularidades de la empresa, por ejemplo de cara a la organización del trabajo, ciclos de trabajo y personal empleado.

Antes de empezar el trabajo, el personal encargado de realizar trabajos en la instalación debe haber leído las instrucciones de servicio, especialmente el capítulo dedicado a las instrucciones de seguridad. Esto tiene especial validez para el personal que solamente trabaja de forma esporádica en la máquina, por ejemplo para su preparación y mantenimiento.

Es imprescindible controlar periódicamente que el personal cumpla con las instrucciones de servicio trabajando de forma segura con vistas a evitar riesgos.

El personal no debe llevar el pelo largo suelto, ropa abierta o joyas, anillos, ya que es posible tener accidentes al quedar enganchado o ser arrastrado por alguno de los elementos móviles de la instalación.

Es recomendable (aunque no obligatorio) el uso de un equipo de protección personal compuesto de gafas de protección, ropa de trabajo, guantes de protección, mascarilla y botas de seguridad.



Todas las instrucciones de seguridad y riesgos que acompañan la instalación deben conservarse en su totalidad en estado legible y deben ser accesibles desde el lugar de trabajo.

Parar inmediatamente la máquina o instalación cuando se produzcan modificaciones relevantes en cuanto a la seguridad o cuando estos cambios afecten al comportamiento en servicio y notificar la avería a la persona o puesto competentes.

No llevar a cabo sin contar con la autorización del proveedor ningún tipo de modificación, construcción aneja o reforma de la máquina o instalación que pudiera comprometer la seguridad. Esto también es válido para la instalación y el ajuste de dispositivos y válvulas de seguridad, así como para las soldaduras en elementos portantes.

Las piezas de recambio deben cumplir los requisitos técnicos establecidos por el fabricante. Esto siempre viene garantizado en piezas de recambio originales.

No realizar ninguna modificación del programa (software) en los sistemas de mando programables (PLC).

Mantener los plazos prescritos o indicados en las instrucciones de servicio para la realización periódica de verificaciones e inspecciones. Para poder llevar a cabo las medidas de mantenimiento es necesario disponer de un utillaje de taller adecuado al trabajo que se realiza.

Dar a conocer el emplazamiento y modo de uso de los extintores de incendios.

Tener en cuenta la posibilidad de alarma de incendio y de lucha contra estos.

9.3.2 Medidas preventivas al utilizar tuberías flexibles de alta presión.

Cambiar en los espacios de tiempos indicados o que resulten razonables las tuberías flexibles de alta presión para los componentes y la hidráulica, aún cuando no se perciban deficiencias de importancia en la seguridad.

Las tuberías flexibles de alta presión deben marcarse con la presión nominal y la fecha de fabricación. Sustituir las tuberías flexibles después de realizados 1.000.000 ciclos, o a más tardar después de 5 años.

Realizar diariamente un control visual de la estanqueidad y de posibles deterioros. Los efectos de abrasión deben controlarse mensualmente.

Cambiar las tuberías flexibles de alta presión, aún cuando no se pueda comprobar visualmente ningún deterioro, después de haber sufrido una acción mecánica grave (por ejemplo después de haber pasado por encima una carretilla elevadora de horquilla).



9.3.3 - Elección y cualificación del personal; obligaciones básicas

Los trabajos a realizar en la instalación solamente deben ser llevados a cabo por personal de fiabilidad. Tener en cuenta la edad mínima de trabajo admitida legalmente.

Antes de la puesta en funcionamiento se debe informar detenidamente al personal de las instrucciones de servicio con el fin de evitar que se produzcan errores en el manejo de la misma.

Se debe instruir ampliamente al personal sobre todas las instrucciones de seguridad y protección laboral vigentes para el accionamiento de la máquina o instalación.

Solamente debe emplearse a personal formado o instruido en el manejo, se deben fijar claramente las competencias del personal para realizar los trabajos de accionamiento, preparación, mantenimiento y reparación.

Asegurarse de que en la máquina solamente operan personas a las que se les ha confiado dicho trabajo. Determinar las responsabilidades del operador de la instalación y permitirle rechazar instrucciones de terceros que vayan en contra de la seguridad, tanto suya propia como de la instalación.

El personal que deba ser formado, adiestrado e instruido inicialmente, o que se encuentre dentro del marco de un programa de formación profesional general, solamente podrá operar la instalación bajo vigilancia constante de una persona experimentada en la misma, hasta cerciorarse ésta de que realiza todas las operaciones de manera adecuada.

A la hora de asignar los trabajos a realizar en la máquina o instalación se debe tener en consideración el nivel de formación profesional del personal:

- Los trabajos de montaje de la instalación, o de ensamblaje de una unidad de construcción en la instalación, deben ser controlados por un técnico o ingeniero experimentado. Antes de comenzar con los trabajos éste deberá familiarizarse a fondo con la construcción y modo de trabajo de la máquina o instalación y de las unidades de construcción. Para realizar dichos trabajos debe llamarse a personal especializado y con la formación correspondiente.
- Los trabajos a realizar en el equipamiento eléctrico de la máquina o instalación solamente podrán llevarse a cabo por un especialista eléctrico atendiendo a las normas de electrotecnia.
- Los trabajos de programación y ajuste a realizar en los aparatos electrónicos (dentro del marco de la programación libre) solamente deben llevarse a cabo por electricistas de instalaciones y equipos con



conocimientos fundados en programación. Antes, y en base a las instrucciones de servicio, el personal debe haberse informado detalladamente sobre el funcionamiento de la instalación y sobre el tipo y el modo de realizar los trabajos de programación.

- Se deberá consultar al fabricante de la instalación cuando se presenten fallos o defectos en el control electrónico que hagan necesario manipular la programación base o realizar una modificación para poderlos reparar.
- En los dispositivos hidráulicos solamente puede trabajar personal con conocimientos especiales y con experiencia en el campo de la hidráulica. Lo mismo en los dispositivos neumáticos.
- Para los trabajos de lubricación mecánica y mantenimiento es preferible ocupar a mecánicos ajustadores, o al personal oportuno con una formación equivalente, que con anterioridad se haya informado de forma correspondiente sobre dichos trabajos.
- Para manejar la instalación se debe emplear a personal capaz de accionar de forma correcta y precisa la instalación teniendo en consideración todas las disposiciones válidas citadas anteriormente y atendiendo a lo especificado en las instrucciones de servicio. El personal debe ser capaz de darse cuenta de antemano del alcance de los riesgos que supone no observar las instrucciones de protección laboral y prevención de accidentes, así como de un accionamiento erróneo.
- La instalación debe estar bajo la vigilancia continua del personal operador incluso en el modo automático. Sólo de esta forma puede garantizarse que el operador pueda reaccionar inmediatamente y tomar las medidas necesarias (por ej. prevención de daños mediante parada de emergencia) en caso de posibles averías.

9.4 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL ACCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

9.4.1 - Marcha normal

La puesta en marcha y el accionamiento de la instalación solamente pueden llevarse a cabo por personal formado e instruido de forma conveniente. Es imprescindible evitar modos de trabajo que puedan suponer un riesgo de seguridad.

Se tomarán las medidas oportunas para que la instalación solamente pueda accionarse encontrándose en un estado seguro de funcionamiento, es decir, que la instalación tan sólo se pueda accionar cuando todos los dispositivos de



protección y de seguridad, como por ejemplo dispositivos de protección separables, dispositivos de desconexión de emergencia, aislamientos acústicos y dispositivos de aspiración, estén presentes, capaces de funcionar y conectados.

Todos los dispositivos de seguridad se deben verificar regularmente. Esto es especialmente necesario antes y después de realizar trabajos de reparación, mantenimiento, preparación y ajuste, así como también después de interrupciones y períodos de inactividad largos.

Es también recomendable verificar al menos una vez por turno de trabajo el estado de la instalación para controlar los daños o deficiencias que se puedan percibir en su exterior. Se notificará inmediatamente a la persona o puesto competente los cambios que se hayan producido (incluidos los relativos al comportamiento funcional) En caso de percibir algún tipo de daño o deficiencia en la instalación se deberá parar y asegurar inmediatamente la máquina.

Una vez reparada/s la/s incidencia/s de la instalación se procederá a su conexión, asegurándose previamente de que no se ponga a nadie en peligro.

9.4.2 - Trabajos especiales durante el uso y mantenimiento de la máquina o instalación, así como eliminación de averías en el curso del trabajo

9.4.2.1 Observaciones generales para los trabajos de mantenimiento

Es de gran importancia observar y cumplir los trabajos y plazos de ajuste, mantenimiento e inspección dispuestos en las instrucciones de servicio del fabricante, incluyendo las indicaciones sobre el cambio de partes o equipamientos parciales. Estos trabajos solamente los puede realizar personal especializado.

Antes de empezar a realizar trabajos especiales y de mantenimiento es recomendable avisar a los operarios y nombrar encargados de vigilancia. Al llevar a cabo trabajos que afecten el funcionamiento, ajuste de la producción, reensamblaje o ajuste de la instalación y de sus dispositivos de seguridad, así como de inspección, mantenimiento y reparación, se deben tener en cuenta los procesos de conexión y desconexión atendiendo a lo especificado en las instrucciones de cada fabricante y en las observaciones para los trabajos de mantenimiento.

Antes de comenzar con cualquier trabajo especial, entendiendo como tal a cualquiera que sea diferente a la operación normal de la instalación, es necesario asegurar ampliamente el área de mantenimiento en la medida que resulte necesaria.



Al cambiar elementos sueltos y unidades de construcción de gran tamaño se deben fijar y asegurar con mucho cuidado a equipos de elevación de forma que no presenten ningún tipo de riesgo. Es imprescindible utilizar solamente equipos de elevación y medios de suspensión de la carga que se encuentren en perfecto estado técnico y estén dotados de suficiente capacidad de carga. En ningún caso se debe permanecer o trabajar debajo de cargas en suspensión.

Los trabajos para fijar dichas cargas y realizar su transporte deberán ser realizados por personas experimentadas.

Para los trabajos de montaje a realizar por encima de la altura de la cabeza se habrán de utilizar medios de ascenso y plataformas de trabajo u otras, manteniendo siempre las medidas de seguridad, evitando siempre utilizar partes de la instalación como medios de ascenso.

Es necesario llevar dispositivos de seguridad contra las caídas al realizar trabajos de mantenimiento a mayor altura que la de la cabeza.

Es muy importante mantener libres de suciedad, grasa, aceite o hielo todos los asideros, peldaños, barandillas, tarimas, plataformas y escaleras de la instalación. Al realizar trabajos de mantenimiento y reparación se deben apretar siempre bien todos la tornillería que se haya podido aflojar.

Si para los trabajos de preparación, mantenimiento y reparación resulta necesario desmontar los dispositivos de seguridad, inmediatamente después de terminados los trabajos de mantenimiento y reparación se debe proceder al remontaje y control de los dispositivos de seguridad.

Es responsabilidad de la persona que realice alguna de las tareas anteriormente mencionadas encargarse de que las sustancias utilizadas así como las partes de recambio se eliminan de forma segura y sin dañar el medio ambiente.

La instalación debe mantenerse siempre limpia. Los trabajos de mantenimiento solamente se pueden realizar de forma efectiva en una instalación limpia. Es muy recomendable llevar a cabo regularmente una limpieza a fondo de la instalación que incluya las instalaciones hidráulicas y eléctricas así como todos los dispositivos adicionales.

En instalaciones con un grado excesivo de suciedad los daños y deterioros a menudo se ven demasiado tarde. Esto puede llevar a que se produzcan daños incalculables por falla y riesgos para el estado físico de los operarios de la instalación.

Al comenzar con el mantenimiento y/o reparación se debe limpiar la máquina, especialmente los empalmes y la tornillería, para eliminar el aceite, la grasa, suciedad o los productos de conservación. No se deben utilizar



productos de limpieza agresivos para este fin. Es recomendable emplear paños limpiadores que no contengan fibras.

Antes de limpiar la máquina con agua, vapor (máquina limpiadora de alta presión) u otros productos de limpieza se debe tener en cuenta el grado de protección de los aparatos eléctricos. Solamente se emplearán estas formas de limpieza cuando por su efecto no pueda originarse ningún riesgo. En caso de que el grado de protección de los aparatos eléctricos sea insuficiente para el uso de este tipo de limpieza, se cubrirán y cerrarán todos los orificios en los que por razones de seguridad o de funcionamiento no deba entrar agua, vapor o productos de limpieza. Corren especial peligro los motores eléctricos y armarios de distribución. Tras la limpieza se deben retirar por completo las cubiertas y adhesiones utilizadas para cerrar los orificios.

Una vez terminada la limpieza se debe comprobar el estado de todas las tuberías de alta presión (componentes e hidráulica) para determinar si se ha originado una falta de estanqueidad, uniones sueltas, puntos de desgaste o deterioros y poder reparar inmediatamente los desperfectos detectados.

Es muy importante en este tipo de instalaciones tomar medidas preventivas para evitar que se produzcan derrames de aceite (también de aceite hidráulico). A la menor muestra de derrames de aceite se tomarán las medidas necesarias (apretar la tornillería, cambiar las juntas). Una vez detectado el derrame de aceite se debe buscar el punto de salida del mismo y sellarlo.

No se debe verter o desaguar el aceite derramado en las aguas residuales, sino limpiar con un trapo de limpieza los pequeños puntos de aceite derramado. Las zonas más grandes de aceite derramado deben cubrirse con una sustancia aglutinante adecuada para, a continuación, eliminarse sin dañar el medio ambiente.

9.4.2.2 Desconexión de energías e identificación del estado

Antes de llevar a cabo reparaciones, trabajos de mantenimiento y de eliminación de averías y, si fuera necesario y resultara conveniente, en la búsqueda de averías, deben desconectarse, enclavarse y descargarse todas las energías activas como electricidad, aceite a presión, aire a presión etc.

No deben poder producirse involuntariamente movimientos que puedan originar riesgos para el personal que realiza los trabajos o para la integridad de la máquina, por lo que es necesaria esta desconexión.

Una vez desconectada la instalación para poder realizar los trabajos de mantenimiento y reparación, se la debe asegurar contra una nueva puesta en marcha intempestiva, es decir:

- Desconectar el interruptor principal y cerrarlo.



- Desconectar los dispositivos principales de mando, acerrojarlos, quitar la llave.
- Colocar una señal de advertencia.

Se han de colocar señales de advertencia claramente informativas en interruptores, válvulas de cierre etc. Deben llamar la atención sobre la situación de parada y los trabajos de mantenimiento que se realizan, y de esta forma evitar que se produzca involuntariamente o sin autorización la conexión de la máquina.

9.4.2.3 Reparaciones, trabajos de mantenimiento, rodaje y ajuste.

Debe instruirse detalladamente al personal en base a las instrucciones de servicio de cada componente de la instalación y todas las instrucciones vigentes de protección laboral y prevención de accidentes antes de que se comience con las reparaciones, los trabajos de mantenimientos u otros similares.

El personal debe estar familiarizado con el modo de funcionamiento de la instalación, con el orden de ejecución de las instrucciones y con el manejo de la materia prima que se utilizará en la instalación. Para ello es imprescindible consultar también las instrucciones de seguridad del fabricante de las materias primas que se utilizan para la producción (ver Anexo II).

Estos trabajos solamente se deben realizar cuando tanto la persona autorizada para dar instrucciones como el personal se hayan cerciorado del estado seguro de la máquina o instalación. En el caso de que trabajen varias personas al mismo tiempo en una máquina o instalación se deberán tomar precauciones especiales (por ejemplo nombrar a una persona de vigilancia) para que puedan excluirse el riesgo de amenaza mutua.

- Si estos trabajos solamente se pueden llevar a cabo con la máquina en marcha se deben analizar con atención los riesgos posibles.
- Solamente debe emplearse a personal experimentado y cualificado.
- El personal y la máquina deben asegurarse ampliamente.
- Los dispositivos de desconexión de emergencia deben encontrarse cerca del alcance de la mano (colocar eventualmente una persona de vigilancia).
- Mantener libres las vías de emergencia.
- Si los componentes presentan riesgos, disponer en caso necesario, además de equipos de protección personal, dispositivos de aspiración puntual.
- Informar con tiempo a los superiores y demás trabajadores sobre los trabajos y medidas de seguridad.

Para poder garantizar un trabajo seguro se deben tomar las medidas personales y de organización necesarias, como por ejemplo ayudas al trabajo,



circuitos de confirmación, medios de control o auxiliares y nombramiento de personas encargadas de vigilancia. Se debe prestar atención a la protección de las personas no implicadas en las tareas a realizar, evitando que se acerquen estas a lugares pueden haber riesgos de accidentes.

En caso de tener que enviar al servicio de reparación partes de la instalación o unidades que estén llenas con componentes o en contacto con los mismos (como por ejemplo llenas de aceite), se deberán vaciar antes completamente y lavar con un agente adecuado.

No deben enviarse partes que no hayan sido vaciadas y limpiadas a fondo con anterioridad.

9.4.2.4 Nueva conexión de la máquina o instalación.

Antes de volver a conectar la instalación tras la realización de operaciones de mantenimiento, limpieza o reparación, se deben volver a montar y a activar todos los dispositivos de seguridad (mecánicos, electrónicos, ópticos, etc.) Esto es igualmente válido para todos los dispositivos de aspiración. Los medios auxiliares que se hayan incorporado (apoyos, pernos, tarimas, cadenas, cuerdas etc.) deben retirarse cuidadosamente de nuevo.

Debe quedar garantizado que no se origine una situación de peligro para el personal al aplicar nuevamente energía (electricidad, aceite a presión, aire a presión, componentes, calor, etc.)

La forma de proceder al reconectar la instalación debe concertarse detalladamente entre los responsables y el personal. Debe establecerse quién va a ser la persona encargada de realizar la reconexión y las condiciones que deben cumplirse para realizar ésta.

9.4.2.5 Ante la primera puesta en marcha

Todas las conexiones de tuberías y de tubos flexibles, así como todas las conexiones atornilladas y enchufadas (incluidas las conexiones eléctricas) deben que apretarse/enchufarse de nuevo antes de la primera puesta en marcha, pues pueden haberse soltado o aflojado durante el transporte de la instalación o de sus componentes.

En caso de que el usuario reconecte partes del equipo que se hayan aflojado todas las conexiones de tuberías y de tubos flexibles deberán comprobarse en cuanto a estanqueidad antes de la primera puesta en marcha (antes del primer relleno con componentes).

Para comprobar la estanqueidad, un método válido es proyectar jabón en todos los puntos en los que se producen empalmes y conexiones. Tienen que incluirse en esta comprobación todos los puntos de empalme que se hallaran sueltos o aflojados debido al transporte de la instalación y de sus



componentes. Si se detectan burbujas, el/los punto/s de empalme habrán de ser revisados, pues significará que no están estancos.

Si se emplean medios o productos que tienden a la cristalizarse se procederá preferentemente del siguiente modo:

Después de haber comprobado el sistema y la estanqueidad del mismo, se cerrará el circuito presurizado durante una noche. Si en un control realizado a la mañana siguiente la caída de presión es mayor de 0.2 bares se deberá realizar una nueva comprobación de los puntos de empalme y repetir el ensayo hasta obtener caídas de presión menores de 0.2 bares en 12 horas (o en su defecto lo indicado por el fabricante).

Es importante respetar los pares de apriete de los fabricantes de la tornillería y, en caso de duda, cambiar los elementos necesarios antes de forzarlos.

9.5 OBSERVACIONES SOBRE CLASES ESPECIALES DE RIESGOS.

9.5.1 - Energía eléctrica

Se han de utilizar solamente fusibles con la intensidad de corriente prescrita por el fabricante para cada uno de los equipos de la instalación. En caso de producirse averías en la alimentación de energía eléctrica se desconectará inmediatamente la instalación para evitar causar daños en la misma.

Los trabajos en la instalación o en los utillajes eléctricos solamente deben ser realizados por un especialista eléctrico atendiendo a las normas de la electrotecnia. Deben desconectarse (a través del interruptor principal) aquellas partes de la instalación en las que se realicen trabajos de inspección, mantenimiento y reparación.

El proceso a seguir para la realización de trabajos de inspección, mantenimiento o reparación en partes eléctricas de la instalación es el siguiente:

- 1) Asegurarse de que el interruptor principal está desconectado, abriendo así todas las fuentes de tensión.
- 2) Bloquear el interruptor principal
- 3) Verificar la ausencia de tensión
- 4) Poner a tierra y cortocircuitar las posibles fuentes de tensión.
- 5) Delimitar y señalizar la zona de trabajo. ⁽²⁷⁾



El equipamiento eléctrico de la instalación debe ser inspeccionado y verificado regularmente. Deterioros como uniones sueltas, cables fundidos superficialmente o contactos quemados deben ser reparados inmediatamente.

Si resultara necesario realizar trabajos en partes energizadas deberá llamarse a una segunda persona que en caso de emergencia pueda accionar la desconexión de emergencia o el interruptor principal para cortar la tensión en la instalación.

Todas las operaciones de mantenimiento sobre equipamiento eléctrico serán realizadas con herramientas aislantes.

9.5.2 - Hidráulica y neumática.

Los trabajos a realizar tanto en los dispositivos hidráulicos como en los neumáticos solamente deben ser llevados a cabo por personal cualificado y experimentado dada la delicadeza y complejidad de los mismos.

Todas las conducciones, tuberías flexibles y tornillería deben verificarse regularmente para comprobar su estanqueidad y la posible existencia de deficiencias que puedan percibirse en su exterior (véase apartado 9.3.2).

Cualquier desperfecto o deterioro de alguno de los componentes mencionados deberá ser reparado de inmediato, pues el aceite a alta temperatura y presión que circula por estos puede producir graves heridas y quemaduras al personal operario.

El proceso previo a seguir para la posterior realización de trabajos de inspección, mantenimiento o reparación en partes hidráulicas de la instalación es el siguiente:

- 1) Desconectar la unidad hidráulica y asegurarla para que no se realicen conexiones sin autorización.
- 2) Para evitar riesgos por presiones residuales peligrosas debe provocarse una descarga total de presión según lo especificado en las instrucciones del fabricante.

El proceso previo a seguir para la posterior realización de trabajos de inspección, mantenimiento o reparación en partes neumáticas de la instalación es el siguiente:

- 1) Desconectar el compresor o cortar la llave del aire comprimido y asegurarla para que no se realice una conexión u apertura sin autorización.



- 2) Para evitar riesgos por presiones residuales peligrosas se debe provocar una descarga total de presión según lo especificado en las instrucciones del fabricante.

9.5.3 - Aceites, grasas y otras sustancias químicas.

Durante el manejo de aceites, grasas y otras sustancias químicas deben tenerse en cuenta en todo momento las instrucciones de seguridad válidas para el producto suministradas por el proveedor del mismo.

Es preciso tener mucho cuidado al manejar sustancias calientes empleadas durante la producción, pues existe un gran riesgo de quemaduras. El manejo de los productos del poliuretano (poliol e isocianato) se describirán con mayor detalle en el apartado 9.6.

9.5.4 - Gas, polvo y humo.

Los trabajos a realizar en la instalación relacionados con la soldadura, el corte con soplete o el rectificado deberán ser expresamente autorizados por el fabricante dado el riesgo de incendio existente.

Antes de empezar los trabajos de soldadura, corte con soplete y rectificado debe limpiarse la instalación y el área en la que se encuentra, eliminando el polvo y las sustancias inflamables y cuidando de que exista ventilación suficiente dado el riesgo de incendio existente.

Para trabajos que produzcan un gran desprendimiento de humo deberán utilizarse equipos de respiración.

9.5.5 Vapor, aceite térmico y agua caliente.

Antes de la realización de trabajos en la instalación los medios portadores de calor, como el aceite térmico, el agua caliente o el vapor, deben cortarse cuidadosamente. Todas las partes de la máquina que contengan dichos medios deberán vaciarse según lo estipulado en las disposiciones de seguridad. Antes de comenzar con los trabajos de reparación las partes calientes de la instalación deberán haberse enfriado hasta el punto de no existir el riesgo de quemaduras.

Al manejar partes de la instalación calientes o al trabajar en partes de la instalación que estén calientes deben tomarse las medidas de protección pertinentes (asideros aislantes, aislamientos) y llevar la ropa protectora adecuada.

9.5.6 - Ruido.

Durante el funcionamiento de la instalación es recomendable llevar puestos protectores auditivos individuales (ver figura 9.1).



Figura 9.1. Protectores acústicos individuales. ⁽²⁸⁾

9.5.7 - Energía por peso propio, fuerza elástica etc.

Los elementos que por su propio peso, fuerza elástica o cualquier otra energía puedan originar movimientos peligrosos deben ser liberados de esta energía o asegurados por medio de ayudas mecánicas como reforzamientos, apoyos o chapas de refuerzo, cadenas, cuerdas u otros dispositivos apropiados para ello.

9.5.8 - Transporte de equipos y partes de la instalación; equipos y partes de la instalación que pueden ser utilizados en diferentes lugares.

Como ya se ha comentado con anterioridad, en los trabajos de carga solamente deben emplearse equipos de elevación y dispositivos de suspensión de la carga dotados de suficiente capacidad de carga.

Es recomendable designar una persona cualificada que coordine el proceso de elevado de los equipos que así lo requieran para el ensamblaje de la instalación. Los diferentes componentes de la instalación solamente deberán levantarse según lo dispuesto en las instrucciones del fabricante (puntos de ajuste para los dispositivos de suspensión de la carga, etc.) y utilizando correctamente el equipo de elevación del que se disponga.

El proceso a seguir para la realización de esta operación es el siguiente:

- 1) Asegurar la carga de forma fiable.
- 2) Utilizar puntos de ajuste que resulten adecuados. Antes o inmediatamente después de llevar a cabo los trabajos de carga se debe dotar a la máquina o instalación de los dispositivos recomendados o suministrados para impedir que se produzca un desplazamiento involuntario.



- 3) Colocar la señalización de advertencia que corresponda.
- 4) Antes de una nueva puesta en marcha deben retirarse de forma correcta los dispositivos auxiliares que se hayan utilizado. Antes de poner de nuevo en marcha la instalación hay que volver a montar y fijar cuidadosamente las partes desmontadas para la realización del transporte.

La instalación debe aislarse de cualquier suministro externo de energía también cuando se proceda a un cambio en su emplazamiento, por pequeño que éste sea.

Una vez realizado todo lo anterior se procederá a volver a conectar correctamente a la red la instalación antes de la nueva puesta en marcha. Para la nueva puesta en marcha se procederá según indique el fabricante.

9.6 MANEJO DE LOS SISTEMAS DE POLIURETANO.

La instalación diseñada es apta para el uso de todos los productos de los principales fabricantes de sistemas de poliuretano, siempre que éstos alcancen los estándares de calidad habituales en el sector. Sin embargo, esto solamente puede aplicarse a productos dentro del marco de una utilización conforme al objetivo para el cual está diseñada la instalación.

Por esta razón, las indicaciones siguientes sobre los productos básicos que constituyen los sistemas de poliuretano solamente pueden tener un carácter de validez general. En cualquier caso, es imprescindible informarse ampliamente a través del fabricante sobre las propiedades especiales de estos productos y sobre las instrucciones de seguridad y prevención de accidentes a tener en cuenta; así, debe instruirse al personal que tenga que trabajar con estos productos en base a las indicaciones del fabricante.

9.6.1 - Generalidades.

Como se ha comentado con anterioridad, ya desde hace decenios se tratan los sistemas de poliuretano para obtener de ellos un sinnúmero de productos distintos. La experiencia ha puesto de manifiesto que, teniendo en cuenta las normas de seguridad, la producción no presenta riesgos y puede llevarse a cabo sin perjuicios o molestias para el medio ambiente ni accidentes de importancia. Sin embargo, sí pueden producirse incidentes o incluso accidentes de importancia, debido a desconocimiento o a un comportamiento imprudente.

Por esta razón es importante que todas las personas que trabajan en la instalación sean informadas detalladamente sobre las precauciones a tomar, que se las instruya sobre el uso de los medios de seguridad y se las motive permanentemente para que los utilicen.



Conviene recordar, que como se expuso en el capítulo 3, generalmente los sistemas de poliuretano están formados por dos componentes principales, poliol e isocianato. Además se utilizan varios aditivos, como por ejemplo mezclas de activadores, agentes espumantes, agentes de protección contra las llamas, colorantes y sustancias de relleno. Los aditivos pueden venir ya mezclados en los componentes principales o ser suministrados por separado.

Tanto en lo que se refiere a sus propiedades como al potencial de riesgo que presentan debido a las mismas, los componentes principales y los aditivos son muy diferentes entre sí.

9.6.2 Riesgos debidos a componentes y aditivos

Normalmente el fabricante de la instalación desconoce la formulación, componentes y aditivos especiales que el proveedor del sistema de poliuretano utiliza, lo que imposibilita ofrecer unas instrucciones concretas al respecto. Es necesario por tanto que sea el proveedor de los sistemas de poliuretano el que nos indique las instrucciones de manejo de los componentes de nuestro sistema. Para ilustrar esto, se adjunta como Anexo II las fichas técnicas del sistema de poliuretano utilizado en la actualidad en Grudem.

Han de estudiarse atentamente las instrucciones de prevención de accidentes que suministran los proveedores e instruir al personal según éstas, así como tener siempre preparados los equipos de protección individual necesarios para el manejo de estos materiales.

Los fabricantes de sistemas de poliuretano deben informar de los siguientes riesgos potenciales y precauciones a tomar:

- 1) Denominar la clase y el grado de riesgo que existe por los componentes y/o fórmulas.
- 2) Indicar las medidas a tomar para mantener los valores de concentración máxima en el puesto de trabajo (dispositivos de aspiración, etc.).
- 3) Indicar las medidas a tomar para evitar la formación de aerosoles.
- 4) Indicar los dispositivos de protección a instalar.
- 5) Indicar los equipos de protección personal necesarios.
- 6) Indicar cómo lavar las partes del cuerpo que hayan entrado en contacto con los componentes e indicar los dispositivos auxiliares o sustancias adicionales que se requieren para ello.
- 7) Indicar cómo tratar los problemas de salud producidos por los componentes y aditivos del sistema de poliuretano.



- 8) Indicar el grado de riesgo que suponen los componentes y aditivos para el medio ambiente y señalar las medidas correspondientes de protección medioambiental.
- 9) Indicar cómo deben eliminarse los componentes y/o aditivos de derrame.
- 10) Indicar los métodos para la protección contra incendios y explosiones.
- 11) Indicar cómo deben eliminarse los componentes y aditivos así como los aparatos y/o recipientes contaminados.
- 12) Indicar la forma de almacenar los componentes y/o aditivos.
- 13) Denominar, dado el caso, otros riesgos y medidas de protección necesarias que no se mencionen aquí.

9.6.3 Sustancias adicionales y aditivos.

Principalmente se tratan de activadores y mezclas de activadores, agentes de lavado, agentes espumantes, pastas colorantes, sustancias de relleno y de refuerzo, desmoldeantes, etc. Estas sustancias pueden originar riesgos de distinta naturaleza, por lo que han de aplicarse las instrucciones de prevención suministradas por el fabricante al respecto.

Uno de los aditivos utilizados en los sistemas de poliuretano es el pentano, que se utiliza como agente espumante.

Debido a su compatibilidad medioambiental el pentano ha sustituido ampliamente a otros productos (especialmente al triclorofluorometano R11) como medio espumante. En combinación con el oxígeno atmosférico el pentano puede formar una mezcla de capacidad explosiva. Esto también se puede aplicar a la parte de pentano contenida en la mezcla poliol-pentano, así como al gas pentano que es expulsado una vez realizado el proceso de reacción del poliol y el isocianato.

Por esta razón, al manejar pentano o mezclas que contengan pentano deben tomarse medidas especiales de seguridad contra el riesgo de explosión, lo que es aplicable al área completa que ocupa la instalación.

Los principales fabricantes de este tipo de instalaciones como son Hennecke⁽²⁹⁾ o Cannon⁽³⁰⁾ han desarrollado sistemas de gestión de pentano, con sus correspondientes planes de seguridad, para todas las clases de productos de uso corriente.



9.6.4 Fabricación y tratamiento del poliuretano

9.6.4.1 Manejo de componentes PUR.

Al trasvasar o manipular componentes de poliol e isocianato deben llevarse puestas siempre gafas protectoras y guantes. Para mantener los valores de concentración máxima en el puesto de trabajo, en la zona de descarga de la mezcla de reacción el aire se debe aspirar eficientemente. Esta medida resulta absolutamente imprescindible en el tratamiento de preparaciones que contengan TDI (diisocianato de tolueno), en la mayoría de los casos también es recomendable para las preparaciones de MDI (diisocianato de difenilmetano) o aquellas que contengan MDI, especialmente cuando éstas tengan una temperatura alta o formen niebla (en instalaciones de baja presión).

Cuando al cargar la mezcla de reacción no pueda evitarse entrar en contacto con salpicaduras, deben colocarse dispositivos adicionales de protección (como por ejemplo pantallas antisalpicaduras).

Durante las operaciones que impliquen el manejo de poliol e isocianato debe llevarse ropa de trabajo que pueda cerrarse por completo de forma que no puedan depositarse éstos ni en la piel ni en los cabellos.

Siempre que se realicen trabajos de pulverización en lugares cerrados, como es el caso de la instalación diseñada, deberá llevarse una mascarilla de respiración de aire. Por motivos de salud en el lugar de trabajo no se debe fumar ni comer.

Cuando se sierran o rectifican piezas fabricadas de poliuretano se origina polvo. El polvo que queda depositado debe quitarse regularmente. Dado que el polvo acumulado puede formar mezclas inflamables en contacto con el aire, deben instalarse dispositivos de aspiración que hagan posible evitar explosiones de polvo en caso de realizar operaciones de finalización que impliquen serrar o rectificar piezas (no se contempla en la instalación diseñada).

A la hora de fijar la concentración máxima en el lugar de trabajo tiene carácter obligatorio el valor límite general de polvo fijado en el respectivo reglamento en vigor sobre lugares de trabajo. Cuando resulte probable superar esta concentración se deberá llevar una máscara guardapolvos.

Al manejar componentes y sustancias adicionales para la fabricación de productos PUR deben tenerse especialmente en cuenta los reglamentos sobre sustancias peligrosas y sobre lugares de trabajo vigentes.



9.6.4.2 Observaciones para la seguridad contra incendios.

En casos contados, tras la producción de bloques de piezas de poliuretano puede producirse una inflamación espontánea de los mismos. La inflamación de los bloques puede originarse incluso algunas horas después del espumado por lo que resulta recomendable guardar los bloques que se acaben de producir en lugares que estén bien aireados y separados de los almacenes de bloques de material inflamable.

Existe riesgo de incendio al lavar la cabeza mezcladora con disolventes inflamables, por lo que se ha optado en el diseño de la instalación por un sistema de lavado ecológico.

Corre igualmente riesgo de incendio el almacén de producto acabado. Dado los incendios se pueden producir rápidamente y desprender humo es importante que existan pasos y vías de circulación y de salida de emergencia que se encuentren siempre libres.

Es necesario por lo tanto que el emplazamiento de la instalación cumpla el reglamento nacional para la protección contra incendios en establecimientos industriales Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre. ⁽³¹⁾

9.6.4.3 Eliminación de desechos.

Los componentes contaminados con impurezas o caducados, los agentes de lavado gastados, el aceite usado, los paños y trapos de limpieza sucios, etc. deben recogerse por separado y eliminarse atendiendo a las normas legales correspondientes, recogiendo éstos por un proveedor de este tipo de servicios certificado.

En ningún caso modo deben verterse en canales de aguas residuales o incinerarse en condiciones incontroladas.

9.7 AMENAZAS GENERALES CAUSADAS POR MÁQUINAS/INSTALACIONES.

Todos los equipos, máquinas y componentes de la instalación deberán respetar la directiva de máquinas de la CE 98/37/CE ⁽³²⁾ de tal manera, que durante toda la "fase de vida", es decir, desde la instalación hasta la eliminación de la misma, no se presenten amenazas para personas y medio ambiente, siempre que se respeten las prescripciones para prevenir accidentes, las normas para la protección contra incendios, las normas de los fabricantes de las materias primas y todas las demás normas de seguridad relevantes.

9.7.1 - Suministro, ensamblaje y fase de rodaje de la instalación.

De ser necesario, han de solicitarse los permisos requeridos ante las autoridades competentes para el ensamblaje de la instalación.



Durante la fase de transporte, ensamblaje y puesta en marcha de la instalación tienen que estar disponibles los útiles necesarios, entre ellos puestos de soldadura con dispositivos protectores y los equipos de aspiración necesarios. También habrán de estar a disposición del/los instalador/es dispositivos auxiliares, tales como andamios, grúas etc.

Los medios de lavado, componentes de prueba, aceites para el rodaje etc. que se precisan para el rodaje tienen que reunirse y eliminarse conforme a las indicaciones de 9.6.4.3.

9.7.2 Fase de producción.

Todo lo esencial para la fase de producción está indicado desde el punto 9.2 hasta el 9.6. Ha de procurarse que durante todas las fases de trabajo como la producción, lubricado, mantenimiento y en trabajos de reparación se respeten las indicaciones dadas para prevenir accidentes, protección contra incendios etc.

Las partes defectuosas que se sustituyan durante la fase de producción han de eliminarse conforme a las indicaciones del fabricante correspondiente.

Durante la eliminación de IBCs de componentes vacíos, aceites etc., habrá que respetar las indicaciones de las hojas de datos de producto de los fabricantes de las materias primas, poniendo especial atención en el manejo de IBCs vacíos de sustancias explosivas.

9.7.3 Fase de eliminación (desguace) de la instalación

Cuando se pase al desguace de la instalación una vez finalizada su vida útil, han de vaciarse todas las partes de la misma que hayan contenido o puedan contener aceite hidráulico, aceite de engranaje, medios separadores, agentes espumantes, componentes del sistema de poliuretano, etc, como son los diferentes depósitos y las conducciones de la instalación, deshaciéndose de éstos según se indica en el apartado 9.6.4.3.

En este proceso es necesario poner especial atención en la eliminación de depósitos y sistemas de conducciones de medios explosivos o tóxicos y procurar que componentes, agentes de lavado o aceites no lleguen a la canalización o al agua subterránea.



10. - PRESUPUESTO.

En este capítulo se realiza un presupuesto de la instalación diseñada, separando el mismo en dos partes: la correspondiente a los bienes y equipos necesarios y la correspondiente al montaje y puesta en marcha de la instalación.

10.1 PRESUPUESTO DE LOS BIENES Y EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN DISEÑADA.

Se detalla en la tabla 10.1 el presupuesto de los bienes y equipos necesarios para la ejecución de la instalación diseñada. Los precios detallados en la tabla incluyen tanto impuestos como transporte hasta el Polígono industrial Nicomedes García de Valverde del Majano (Segovia).

Tabla 10.1 Desglose del presupuesto de la instalación


Elemento	Subelementos	Coste Unitario (€/Ud)	Cantidad	Coste Total (€)
Estación de desenrollado, corte y colocación de coberturas y material de refuerzo.	Portabobinas	18000	2 uds	36000
	Manipulador de desenrollado de material			
	Sistema de corte de cuchilla transversal			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Mesa expansora de nido de abeja	Sistema de tracción y accionamiento	15000	1 ud	15000
	Accesorios de conexión, medida y control			
Mesa de alimentación	Sistema de garras	20000	1 ud	20000
	Accesorios de conexión, medida y control			
Cabina de aspiración	Estructura y paneles de separación	40000	1 ud	40000
	motor eléctrico			
	Filtros			
	Puertas neumáticas			
	Sistema de extracción de gases al exterior de la nave			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Robot	Software y hardware programación y conexión con el resto de elementos	85000	1 ud	85000
	Accesorios de conexión, medida y control			



Elemento	Subelementos	Coste Unitario (€/Ud)	Cantidad	Coste Total (€)
Cabezal tricomponente	Cuerpo de acero al carbono	28000	1 ud	28000
	Pistón autolimpiable			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Sistema de transferencia de material	Manipulador	6500	1 ud	6500
	Raíles			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Prensa	Sistema de calentamiento de moldes mediante aceite térmico	320000	1 ud	320000
	Sistema neumático para accionamiento de los expulsores de los moldes			
	Sistema de extracción de gases conectado al sistema de extracción general			
	Barreras de seguridad y protección			
	Software, display, configuración y control de parámetros			
	Bancada de la prensa (vigas de acero)			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Módulo de cambio rápido de molde	Motor eléctrico	29000	1 ud	29000
	Carro portamoldes			
	Raíles			
	Sistema de centrado de molde			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Cabinas eléctricas	Accesorios de conexión, medida y control	3000	5 uds	15000
Manipulador automático de descarga	Sistema de garras	8500	1 ud	8500
	Sistema de expulsores neumáticos			
	Sistema de insertos			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Barreras de seguridad		20	38.91 m	778.2
Sistema ecológico de limpieza del cabezal	Bomba neumática de alta presión	10000	1 ud	10000
	Tanque			
	Cámara			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Pulsadores de emergencia	Accesorios de conexión	40	9 uds	3600



Elemento	Subelementos	Coste Unitario (€/Ud)	Cantidad	Coste Total (€)
Tanque atemperado	Agitador	22500	3 ud	67500
	Enfriador			
	Resistencia de calentamiento			
	Sistema de llenado automático			
	Intercambiador de calor			
	Válvulas			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Bomba dosificadora	Motor eléctrico AC	36000	2 uds	72000
	Bombas de pistón de alta presión			
	Circuito de lubricación			
	Filtros			
	Conductos de circulación de materiales (poliol e isocianato)			
	Sistema de aislamiento térmico de tuberías de circulación de material			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Cabina de control	Autómata programable	9500	1 ud	9500
	Pulsador de emergencia			
	Display gráfico táctil			
	Software			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Sistema Roving de aplicación de material de refuerzo	Unidad de almacenamiento	9500	1 ud	9500
	Sistema de alimentación			
	Sistema de alimentación tipo Venturi			
	Unidad hidráulica			
	Motor de troceado de material de refuerzo			
	Interfaz de control			
	Accesorios de conexión, medida y control			
Sistema de almacenamiento y conexión de poliol e isocianato	Estructura soporte para IBCs	25000	3 ud	75000
	Bandejas para recoger el material de posibles derrames			
	Agitadores poliol			
	Bombas de extracción			
	Tuberías de conducción de materiales desde los contenedores hasta los tanques de atemperado			
	Accesorios de medida y control			

	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite <div>10.Presupuesto</div>
---	--

Barreras de seguridad con fotocélula	-	500	2 ud	1000
Manuales de manejo y prevención e instrucciones de mantenimiento	-	-	1 ud	-

Tabla 10.2 Resumen costes totales bienes y equipos

PRESUPUESTO TOTAL BIENES Y EQUIPOS	851878.2 €
---	-------------------

10.2 PRESUPUESTO DEL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN DISEÑADA.

En este tipo de instalaciones el montaje y puesta en marcha se realiza en dos etapas. En la primera de ellas la instalación se monta y prueba en el lugar donde ha sido fabricada y en la segunda se realiza el montaje definitivo y la puesta en marcha de la instalación para su funcionamiento en producción.

El primer montaje de la instalación se realiza tratando de minimizar costes, y realizando solamente las pruebas imprescindibles. Una vez ha sido verificado el correcto funcionamiento de los equipos más delicados (como por ejemplo el robot) y sobre los componentes más caros y difíciles de transportar (como la prensa) se transporta la misma para su posterior montaje definitivo.

Es importante mencionar que debido al gran tonelaje de la prensa utilizada en esta instalación es necesario cimentar la instalación adecuadamente, lo que supone la realización de la correspondiente excavación en la nave existente y aumenta notablemente el coste de montaje definitivo de la instalación en relación al coste de montaje en el lugar de fabricación.

Otro factor a considerar en el montaje definitivo es el coste de la realización de pruebas de producción. Se considerará en el presupuesto del montaje definitivo el coste del material necesario para la realización de las pruebas de producción necesarias para la puesta en marcha y puesta a punto de la instalación diseñada.

En la tabla 10.3 se presenta el presupuesto de montaje de prueba de la instalación correspondiente a aquel realizado en el lugar de fabricación de la misma.


	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	10. Presupuesto
---	--	-----------------

Tabla 10.3 Presupuesto de montaje de prueba de la instalación.

MONTAJE DE PRUEBA DE LA INSTALACIÓN						
Montaje en planta del fabricante	Personal	Cualificación	Cantidad	Coste / h (€/h)	Tiempo dedicación (h)	Coste total (€)
		Ingeniero de programación	1	40	160	6400
		Técnicos de montaje de la instalación	2	25	160	8000
		Mecánico	1	25	160	4000
		Electricista	1	25	160	4000
		TOTAL=				22400
	TOTAL MONTAJE					22400 €
Puesta en marcha en planta del fabricante	Personal	Cualificación	Cantidad	Coste / h (€/h)	Tiempo dedicación (h)	Coste total (€)
		Ingeniero de aplicación	1	40	80	3200
		Técnico de mantenimiento	1	25	80	2000
		Técnico de programación del robot	1	35	80	2800
		Operarios	2	15	80	2400
		TOTAL=				10400
	TOTAL PUESTA EN MARCHA					10400 €
TOTAL MONTAJE DE PRUEBA DE LA INSTALACIÓN					32800 €	

En la tabla 10.4 se presenta el presupuesto del montaje definitivo de la instalación.



	Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite	10. Presupuesto
---	---	-----------------

Tabla 10.4 Presupuesto de montaje definitivo y puesta en marcha de la instalación.

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEFINITIVO						
Montaje en planta	Personal	Cualificación	Cantidad	Coste / h (€/h)	Tiempo dedicación (h)	Coste total (€)
		Ingeniero de programación	1	40	160	6400
		Técnicos de montaje de la instalación	2	25	160	8000
		Mecánico	1	25	160	4000
		Electricista	1	25	160	4000
		TOTAL=				22400
	Alquiler de equipos de montaje	Descripción equipo				Coste total (€)
		Grúa				2000
		Máquina de excavación				1000
		Máquina de hormigón				1000
		Carretillas elevadoras				4000
		Herramientas especiales de corte y soldadura				500
		TOTAL=				8500
	Obras para la instalación	Descripción obra				Coste total (€)
		Foso y colocación de la bancada de la prensa				6000
		Sistema de extracción de gases al exterior				6000
		TOTAL=				12000
	TOTAL MONTAJE					42900 €

	<p>Descripción de instalación flexible para la fabricación de piezas moldeadas de material composite</p> <p>10. Presupuesto</p>
---	---

Puesta en marcha en planta	Personal	Cualificación	Cantidad	Coste / h (€/h)	Tiempo dedicación (h)	Coste total (€)
		Ingeniero de aplicación	1	40	80	3200
		Técnico de mantenimiento	1	25	80	2000
		Técnico de programación del robot	1	35	80	2800
		Operarios	2	15	80	2400
		TOTAL=				10400
	Materiales	Descripción		Cantidad (kg)	Coste / ud (€/Kg)	Coste total (€)
		Poliuretano		1500	2,35	3525
		Material de refuerzo (fibra de vidrio)		1000	1,7	1700
		Material para núcleo (nido de abeja)		500	0,7	350
		Material de cobertura		200	1,75	350
		TOTAL=				5925
	TOTAL PUESTA EN MARCHA					16325 €

TOTAL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEFINITIVO	59225 €
---	---------

La tabla 10.5 muestra la suma de ambos montajes y pruebas, que constituyen el presupuesto total de montaje y puesta en marcha de la instalación.

Tabla 10.5 Resumen costes totales bienes y equipos

PRESUPUESTO TOTAL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA	92025 €
--	---------

El presupuesto total de la instalación, incluyendo en este tanto los equipos como el montaje y puesta en marcha de la instalación es el mostrado en la tabla 10.6.

Tabla 10.5 Resumen costes totales bienes y equipos

PRESUPUESTO TOTAL INSTALACION	943903.2 €
-------------------------------	------------



El presupuesto obtenido es satisfactorio dado el alto coste de los equipos empleados en el diseño de la instalación.

Cabe destacar que habiendo diseñado una instalación mucho más flexible y automatizada que la instalación existente el presupuesto obtenido para la misma es equivalente e incluso algo menor a la anteriormente mencionada, cuyo coste en el año 2005 fue de aproximadamente 1.100.000 euros.

Existen dos razones por las que el presupuesto obtenido es en cierto modo menor al obtenido hace algo más de tres años.

La primera de estas razones es que dada la situación actual de la economía los precios de muchos de los equipos se han visto reducidos y el poder de negociación con algunos proveedores ha aumentado notablemente dada su situación.

La segunda es que en 2005 muchos de estos equipos estaban aun en desarrollo y su coste era mucho más alto que en la actualidad.



11.- CONCLUSIONES, RESULTADOS Y DESARROLLOS FUTUROS.

El objetivo de este capítulo es desarrollar las conclusiones y los resultados obtenidos tras el diseño de la instalación así como proponer algunas mejoras para diseños futuros de instalaciones de este tipo.

11.1 CONCLUSIONES Y RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.

La instalación diseñada cumple tanto los objetivos planteados al inicio del proyecto como la mayor parte de los requerimientos planteados por Grudem S.L.U para el diseño de la instalación.

Dadas las características de la instalación diseñada, las posibilidades de fabricación de piezas de diferentes características en la misma son muy amplias, tanto en cuanto a tamaño como en cuanto a acabado de las mismas se refiere.

Los elementos más determinantes para conseguir esta mayor flexibilidad que se han introducido en el diseño de la instalación son los siguientes:

- La prensa, que en instalaciones existentes resultaba un factor limitante, permitirá la fabricación de piezas de mucho mayor tamaño dado el gran tamaño de la misma.
- El cabezal tricomponente. Este cabezal permite el uso de 2 tipos diferentes de poliuretano por lo que gracias a este elemento será posible la fabricación de piezas acabadas que de otra manera no sería posible fabricar en un solo proceso productivo.
- Las estaciones de desenrollado, corte y colocación de material aumentarán la automatización de la instalación, pues tan sólo será necesario cambiar las bobinas una vez acabado el material o cuando quiera cambiarse el material a utilizar. Utilizando estas estaciones en la instalación se evitará el depender de un proceso productivo previo para la fabricación de paneles, reduciendo el riesgo de parada en el proceso productivo debido a averías o paradas en procesos previos.
- La mesa expansora de nido. El incluir en la instalación una mesa expansora de nido de abeja permite la fabricación de los paneles necesarios para la fabricación de las piezas de material composite en la propia instalación, reduciendo también la dependencia de procesos de fabricación previos.



- La mesa de alimentación. Uno de los grandes inconvenientes que presentan las instalaciones de fabricación de piezas de material composite es que, durante el proceso de aplicación de poliuretano, parte de éste se desprende por gravedad cuando se gira el panel para aplicar la segunda cara del mismo o en procesos en los que se aplica el poliuretano sobre un panel vertical se desprende el material de refuerzo. Con la inclusión de las garras previstas en este elemento de la instalación se resuelve este problema, reduciendo las mermas del proceso en torno a un 5%.
- El manipulador automático de descarga. En las instalaciones existentes las piezas se extraen del molde manualmente. La introducción de un manipulador cartesiano que extraiga las piezas de la prensa mejorará tanto el rendimiento del proceso (pues evita posibles fallos o retrasos en la extracción de las piezas) como la seguridad y la comodidad del operario de la instalación.
- El módulo de cambio automático de moldes. En la actualidad, la realización de un cambio de molde en una prensa es una operación larga y costosa. Dado el gran peso de los moldes utilizados en la fabricación de estas piezas (en torno a 5500 kg) es necesaria la utilización de maquinaria muy potente y compleja en su manejo que hace que esta operación resulte de gran dificultad. La introducción de un sistema de cambio automático de moldes reducirá drásticamente estos tiempos, de manera que la instalación podrá cambiar de molde con relativa frecuencia aumentando así su flexibilidad.

Es importante mencionar que, dado el diseño de la instalación, el aprovechamiento del espacio es máximo. El espacio ocupado por la misma en la fábrica es menor que el de instalaciones de similares características debido a la disposición de los elementos de la misma, requisito planteado por Grudem en su pliego de condiciones.

El diseño realizado permite un solo operario maneje la totalidad de la instalación. Esta alta automatización reduce de manera drástica el coste de mano de obra directa de cada una de las piezas fabricadas pero, por el contrario, aumenta el coste de la instalación, pues los equipos necesarios son más caros, y por tanto el coste de amortización de la misma será mayor.

Se ha estudiado la posibilidad de que la instalación permita la fabricación de piezas de material composite en las que no sea necesario utilizar poliuretano, pero el coste de los equipos para poder realizar este tipo de piezas y el espacio necesario para incluir los elementos que serían precisos hace que esta posibilidad no se haya contemplado en el diseño de la instalación.



11.2 DESARROLLOS FUTUROS

Como posibles mejoras a la instalación diseñada o líneas futuras de diseño pueden tenerse en cuenta alguna de las ideas que se plantean a continuación:

11.2.1 Reutilización de mermas de proceso.

Durante la inmensa mayoría de los procesos de fabricación de piezas de material composite se genera un recorte resultado de la diferencia entre el panel fabricado y las medidas finales de la pieza.

Este recorte está formado por el núcleo (en general nido de abeja), el material de refuerzo y el poliuretano utilizado en la fabricación de la pieza.

Estos residuos no son reciclables y son difíciles y caros de gestionar. Por este motivo, sería de gran interés el utilizarlos de alguna manera en procesos posteriores de fabricación, tratando de reciclarlos y aprovecharlos al máximo.

Una posibilidad es triturar los residuos hasta pulverizarlos. Dadas las propiedades del poliuretano este polvo podría ser moldeado de nuevo al calentarlo, por lo que se podrían fabricar piezas por moldeo utilizando este residuo como materia prima.

El único inconveniente que presentaría sería que las propiedades mecánicas de las piezas fabricadas no serían, en principio, tan buenas como las fabricadas con nido de abeja, material de refuerzo y poliuretano, ya que se perdería la estructura alveolar del núcleo de estas piezas.

11.2.2 Adición de nuevas prensas

Es posible estudiar la posibilidad de sustituir el sistema de transferencia de material por un robot de 6 ejes que fuera el que manipulara los paneles. El contar con un robot que manipulara los paneles podría permitir añadir al menos una prensa más a la instalación.

El añadir una prensa más multiplicaría la cadencia de producción de la instalación, pero aumentaría mucho su coste. Dadas las expectativas de producción de la instalación diseñada no se justifica la adición de una nueva prensa para la fabricación de piezas.



12.-BIBLIOGRAFÍA.

Se presenta a continuación la bibliografía consultada en la elaboración del proyecto.

- [1] **W.Callister.** Ciencia e ingeniería de materiales.
- [2] **Waterman, Pamela J.,** "The Life of Composite Materials", Desktop Engineering Magazine April 2007.
- [3] **Matthews, F.L. & Rawlings, R.D.** Materials: Engineering and Science. 1999.
- [4] Fabricación de fibra de vidrio mediante espinerette [en línea] <www.poliuretanos.com>
- [5] **I.G. Farben.** Patente alemana número 728.981 (1937)
- [6] **Raymond B. Seymour George B. Kauffman J. Chem.** Ed. Polyurethanes: A Class of Modern Versatile Materials 69, 909 1992
- [7] **Feske, Bert.** "The Use of Saytex RB-9130/9170 Low Viscosity Brominated Flame Retardant Polyols in HFC-245fa and High Water Formulations". Las Vegas, NV: Alliance for the Polyurethane Industry Technical Conference. (Octubre 2004).
- [8] **Niemeyer, Timothy; Patel, Munjal and Geiger, Eric.** "A Further Examination of Soy-Based Polyols in Polyurethane Systems". Salt Lake City, UT: Alliance for the Polyurethane Industry Technical Conference. (Septiembre 2006)
- [9] "New Twist on Green: 2008 Ford Mustang Seats Will Be Soy-Based Foam". Edmunds inside line. July 12, 2007 [en línea] <<http://www.edmunds.com/insideline/do/News/articleId=121682>>
- [10] **Gum, Wilson; Riese, Wolfram; Ulrich, Henri.** "Reaction Polymers". New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-520933-8. (1992)
- [11] **Harrington, Ron; Hock, Kathy** "Flexible Polyurethane Foams". Midland: The Dow Chemical Company. (1991)
- [12] **Oertel, Gunter.** "Polyurethane Handbook". New York: Macmillen Publishing Co., Inc. ISBN 0-02-948920-2. (1985)



- [13] **Ulrich, Henri.** "Chemistry and Technology of Isocyanates". New York: John Wiley & Sons, Inc.. ISBN 0-471-96371-2. (1996)
- [14] **Woods, George.** "The ICI Polyurethanes Book". New York: John Wiley & Sons, Inc.. ISBN 0-471-92658-2. (1990).
- [15] **Kaushiva, Byran D.** "Structure-Property Relationships of Flexible Polyurethane Foams". PhD Thesis. Virginia Polytechnic Institute. (1999).
- [16] **Randall, David; Lee, Steve.** "The Polyurethanes Book". New York: Wiley. ISBN 0-470-85041-8. (2002).
- [17] Norma Europea EN14509
- [18] **The Polyurethanes Recycle and Recovery Council (PURRC), a committee of the Center for the Polyurethanes Industry.** "The Socio-Economic Impact of Polyurethanes in the United States from the American Chemistry Council". Febrero 2004. [En línea]. <http://www.polyurethane.org/s_api/bin.asp?CID=867&DID=3746&DOC=FILE> (2007).
- [19] **European trade association for producers of diisocyanates and polyols** [en línea] <www.isopa.org>
- [20] **G. Avar,** "Polyurethanes (PU)", *Kunststoffe international* 10/2008, 123-127.
- [21] **Polyurethane foam association.** [en línea] <<http://www.pfa.org/intouch/index.html>>
- [22] **Salón Virtual de la arquitectura.** [en línea] <www.archiexpo.es>
- [23] **Hot foam wire cutting.** [en línea] <www.8linx.com>
- [24] **Fosber Italia.** [en línea]. <http://www.intranet.fosber.it/wwwfosber/foto/Link_SPA.jpg>
- [25] **Barreras ópticas de seguridad.** [en línea] <<http://www.sick.es/es/es.html>>
- [26] Directiva 97/23/CE (Equipos a Presión). [en línea] <<http://www.ffii.nova.es/PUNTOINFOMCYT/directivas.asp?directiva=9723/CE>>
- [27] **Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.** Las 5 reglas de oro de la electricidad. [en línea]



<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folletos/Seguridad/Ficheros/Los_peligros_electricidad.pdf>

- [28] **Protectores acústicos.** [en línea]
<<http://www.zemos98.org/controlsonoro/wpcontent/uploads/2008/03/max25-mmini.jpg>>
- [29] **Instalaciones de aplicación de poliuretano a alta presión** [en línea]
<www.hennecke.com>
- [30] **Instalaciones de aplicación de poliuretano a alta presión** [en línea]
<www.thecannongroup.com>
- [31] **Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.** Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. [En línea] <<http://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>>
- [32] **DIRECTIVA 98/37/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 22 junio de 1998 relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.** [en línea]
<http://www.ffii.nova.es/PUNTOINFOMCYT/Archivos/Dir_1998-037.pdf>



ANEXO I

FICHA TÉCNICA DEL POLIOL

Nota provisional sobre elaboración

Información técnica

División Poliuretanos

Página 1 de 2

B A Y P R E G® PRODUCTO DE ENSAYO PU 01IF13

CARACTERIZACIÓN GENERAL Y APLICACIÓN

Baypreg VP.PU 01IF13 es una formulación de poliéter polioliol de color negro lista para su elaboración que cuenta con un aditivo autodispersante y un bajo contenido en agentes de expansión. El producto se puede moldear junto con Desmodur® VP.PU 08IF03 en moldes de metal a una temperatura de entre 90 y 130 °C. En combinación con alfombrillas de fibra y núcleos se emplea en la fabricación de artículos sándwich por moldeo a presión con elevada rigidez y resistencia a la flexión, como por ejemplo paneles para techos solares, bandejas traseras, recubrimientos para el maletero y superficies de carga.

DATOS DE ENSAYOS

Característica	Valor	Unidad de medida
Índice de hidroxilo	aprox. 630	mg KOH/g
Contenido en agua	aprox. 1,0	Peso - %
Viscosidad a 20 °C	aprox. 3450	mPa · s
Densidad (a 20 °C):	aprox. 1,07	g/cm ³
pH	aprox. 7,3	

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Temperatura de almacenamiento recomendada: aprox. 25 °C.

Los cambios de temperatura transitorios (por ejemplo, durante la entrega) no influyen en la calidad del producto.

Almacenamiento a partir de la entrega 6 meses.

El polioliol ha de homogeneizarse bien removiendo antes de su elaboración.

INSTRUCCIONES DE PROCESADO

La fabricación de artículos de construcción sándwich con alfombrillas de fibra se lleva a cabo preferentemente impregnando dichas alfombrillas con el sistema de dos componentes de prensado en húmedo dentro de moldes de acero caliente a una temperatura de entre 90 y 130 °C.

Fecha de edición: 2004-06-22

Se trata de un producto comercial que se encuentra en fase de ensayo (producto experimental) cuyo desarrollo aún no ha concluido. Por ello, aún no se pueden facilitar datos definitivos sobre la conformidad con el tipo, la posibilidad de procesado, los resultados a largo plazo en distintas condiciones y otros parámetros relacionados con la producción y la técnica de aplicaciones. No se asume ninguna garantía sobre el comportamiento del producto en la transformación ni en el uso. Cualquier utilización del producto experimental se lleva a cabo fuera de nuestra responsabilidad.

BAYPREG PRODUCTO DE ENSAYO PU 01IF13

Al aplicar los componentes de prensado en húmedo por medio de un dispositivo de vaporización hay que prestar ~~especial atención a que se mantengan las normas de seguridad establecidas para las aplicaciones por aerosol~~ de materiales de PUR que contienen MDI. Hay que emplear un equipo de protección respiratoria adecuado para evitar la inhalación de nebulizado.

Formulación orientativa: 100 partes (peso) de Baypreg VP.PU 01IF13

200 - 240 partes (peso) de Desmodur VP.PU 08IF03

Temperatura de la materia prima: aprox. 25 °C

Datos de espumación en laboratorio* con una relación de mezcla de 100 : 201:

Tiempo de aceleración (s): aprox. 108

Tiempo de subida (s): aprox. 193

Tiempo de hilo (s): aprox. 168

Densidad aparente (g/dm³) aprox. 222

*Obtenidos en espumas libres fabricadas mediante agitación en cascada (10 s a 4200 Upm) en un recipiente de cartón con materias primas a una temperatura de 25 °C.

ETIQUETADO

Etiquetado según el Reglamento alemán de sustancias peligrosas, apéndice II, n.º 1 (preparados) y las directivas correspondientes de la UE:

Símbolo: Indicación de peligro Xi: irritante

Contenido: alquilo aminoamida del ácido carbónico
N,N-dimetilo-1,3-diaminopropano

R 43: Posibilidad de sensibilización por contacto con la piel.

S 26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

S 28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón.

S 36/37: Durante su manejo se deben utilizar guantes y vestimenta de protección adecuados.

S 46: En caso de ingestión, consultar inmediatamente a un médico y mostrar el envase o la etiqueta.

El apartado «Medidas de seguridad en el manejo» de esta información técnica no sustituye a las instrucciones contenidas en la hoja de datos de seguridad. En caso de actualización de los datos relevantes –siguiendo las directivas de la UE– sólo se procederá a la nueva distribución de las fichas de seguridad.

En la hoja de datos de seguridad se pueden encontrar más instrucciones técnicas relacionadas con la seguridad.

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006
Revisada el: 28 de noviembre de 2005

Página 01 de 08

*1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

DESMODUR VP.PU 08IF03

Aplicación:

Componente di / poliisocianato para la producción de poliuretanos

Bayer MaterialScience AG, HSEQ-PRC (Product Safety)

51368 Leverkusen, Alemania, Teléfono: +49 214 30 25026

Fax: +49 214 30 50035, e-mail: productsafety@bayermaterialscience.com

En caso de emergencia : +34 977 35 81 00 (Bayer Polímeros, S.L., TARRAGONA)

2. Composición/información sobre los componentes

Formulación a base de MDI téc. (pMDI)

difenilmetandiisocianato, isómeros y homólogos

% en peso: 75-<100

Nº CAS: 9016-87-9

Nº índice: --

Nº CE: --

Clasificación: Xn R20; Xi R36/37/38; R42/43

Límites de concentración específicos:

Xn ; R 42 = a partir de 0,1 %

Xn ; R 42/43 = a partir de 1 %

Xn ; R 36/37/38-42/43 = a partir de 5 %

Xn ; R 20-36/37/38-42/43 = a partir de 25 %

Clasificación/etiquetado análogos al Index-Nr.: 615-005-00-9

3. Identificación de los peligros

Nocivo por inhalación. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.

Las personas con vías respiratorias hipersensibles (p.ej. asma, bronquitis crónica) no deben manejar este producto por motivos de seguridad. Los síntomas en las vías respiratorias pueden aparecer incluso pasadas algunas horas de la exposición excesiva. Los principales peligros para las vías respiratorias son los vapores y los aerosoles.

4. Primeros auxilios

Instrucciones generales: Debe quitarse inmediatamente la ropa sucia e impregnada, después se deberá descontaminar y tratar debidamente como residuo.

Inhalación de aerosoles o de vapores en concentraciones elevadas: Llevar a la persona afectada al aire fresco, mantenerla caliente y en calma; en caso de trastornos respiratorios, es necesaria la asistencia médica.

Después de contacto con la piel: En caso de contacto con la piel se lavará preferentemente con un producto basado en polietilenglicol o bien se limpiará con jabón y agua abundante. En caso de reacciones de la piel consultar a un médico.

Después de contacto con los ojos: Enjagar los ojos con agua templada manteniendo los párpados abiertos, durante un periodo suficiente (10 minutos como mínimo). Consultar al oculista.

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 02 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

4. Primeros auxilios (Continuación)

Después de la ingestión:

NO provocar el vómito, pedir la asistencia médica.

Instrucciones para el médico:

El producto irrita las vías respiratorias y es un desencadenante potencial de sensibilizaciones en la piel y en las vías respiratorias. El tratamiento de la irritación aguda con broncoconstricción será ante todo sintomático. En función del alcance de la exposición y de las molestias, podrá ser conveniente una observación médica prolongada.

5. Medidas de lucha contra incendios

Agente extintor:

CO₂, espuma, polvo extintor seco, en caso de incendios graves utilizar además chorro de agua pulverizada.

Substancia de extinción no adecuada por motivos de seguridad: chorro de agua lleno

En caso de incendio pueden formarse monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, vapores de isocianato y trazas ligerísimas de ácido cianhídrico. En caso de lucha contra incendios es necesario llevar una protección respiratoria con alimentación de aire independiente. Evitar que el agua de extinción contaminada penetre en la tierra o se mezcle con las aguas subterráneas y superficiales.

En caso de incendio en los alrededores, aumento de presión y peligro de reventón. Los depósitos que corren peligro se enfriarán con agua y, si es posible, se retirarán de la zona de peligro.

6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental

Usar vestimenta de protección (véase punto 8). Procúrese aireación/renovación del aire suficiente. Manténganse lejos a las personas ajenas. No tirar los residuos por el desagüe. Elimínese mecánicamente; cúbrase el resto con material húmedo y capaz de absorber líquidos (p.ej. serrín, productos a base de silicato de calcio hidratado, arena). Después de aprox. una hora recójase en envases de residuos, no cerrar (desprendimiento de CO₂!). Consérvese húmedo y déjese durante varios días en un lugar protegido, al aire libre.

Eliminación adicional véase capítulo 13.



Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 03 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: Procúrese una ventilación o aspiración suficiente en el puesto de trabajo. Las medidas de protección personal descritas en el capítulo 8 son de obligado cumplimiento. Deberán controlarse los valores límite en el aire citados en el capítulo 8. Evítese contacto con la piel y los ojos.

En el puesto de trabajo, especialmente en zonas de la instalación donde pueden formarse elevadas concentraciones de Isocianato aerosol y/o vapor (p.e. descom presión, escape de aire, purgas de cabezales de mezcla con presión de aire, mediante extracción de aire debe evitarse que se sobrepasen los límites ambientales de higiene laboral. El movimiento del aire tiene que realizarse de las personas hacia fuera. La eficacia de las instalaciones tiene que revisarse a intervalos regulares.

Almacenaje: Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco. Proteger el producto del enfriamiento por debajo de 20 °C, y del calentamiento a partir de 40 °C.

Posible calentamiento de corta duración a 50 °C

Para más datos específicos, véase nuestro: "Información de aplicación técnica"

Clase de almacenaje : n.a.

Clase de almacenaje : Xn (MIE APO-7)

8. Control de exposición/protección individual

Previsión laboral - Valor límite en el aire TRGS 900 (valor-MAK):

4,4'-diisocianato de difenilmetano (Suma de vapores y aerosoles)

[illegible]

Valores límites ambientales VLA

VLA-ED: 0,052 mg/m3 (0,005 ppm)

VLA-EC: - mg/m3 (- ppm)

factor de tolerancia en límite superior 1

Nota: DFG, 29, 36

Se debe tener en cuenta el valor BAT (TRGS 903) correspondiente.

El producto puede contener trazas de isocianato de fenilo.

Previsión laboral - Valor límite en el aire TRGS 900 (valor-MAK):

fenilisocianato	0,01 ml/m³ (ppm) que corresp. a 0,05 mg/m³
Nº CAS: 103-71-9	(valor promedio en 8 horas)

factor de tolerancia en límite superior 1

Valores límites ambientales VLA

VLA-ED: 0,05 mg/m³ (0,01 ppm)

VLA-EC: - mg/m3 (- ppm)

Observaciones: ARW, 36

(continua)

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 04 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

8. Control de exposición/protección individual (Continuación)

Protección de las vías respiratorias: Es necesaria en lugares de trabajo no suficientemente ventilados. Durante la aplicación a pistola hay que llevar una careta de aire fresco o (sólo por breve tiempo) el filtro de combinación A2-P2.

Protección de las manos:

Materiales adecuados para guantes de protección; DIN EN 374-3:

policloropreno - CR: espesor $\geq 0,5\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

caucho nitrilo - NBR: espesor $\geq 0,35\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

caucho butilo - IIR: espesor $\geq 0,5\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

caucho fluorado - FKM: espesor $\geq 0,4\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Recomendación: evacuar los guantes contaminados.

Protección de los ojos: Úsese protección para los ojos/la cara.

Protección corporal: Úsese indumentaria protectora adecuada.

Medidas de seguridad y de higiene: Manténgase lejos de alimentos y condimentos. Lavarse las manos antes de una pausa y al término del trabajo. Guardar la ropa de trabajo separada. Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada. Descontaminar, destruir y tratar como residuo la ropa de protección que se haya ensuciado (ver capítulo 13).

Medidas de seguridad para la manipulación de objetos moldeados de PUR recién fabricados: ver apartado 16°

9. Propiedades físicas y químicas

método de ensayo

Estado físico: líquido

Color: pardo

Olor: característico

Pour point: -24 °C

DIN ISO 3016

Pto. de ebullición inicial: 208 °C a 1013 hPa

Densidad: $1,23\text{ g/cm}^3$ a 20 °C

DIN 51757

Presión de vapor: 1 hPa a 20 °C

EG A 4

5 hPa a 50 °C

EG A 4

difenilmetan-diisocianato $<0,00001\text{ mbar}$ a 20 °C

Viscosidad: $230-350\text{ mPa}\cdot\text{s}$ a 20 °C

DIN 53019

Solubilidad en agua: insoluble, reacciona

pH: no aplicable

Punto de inflamación: $\geq 250\text{ °C}$

DIN 22719

Temperatura de ignición: $\geq 500\text{ °C}$

DIN 51794

Límites de explosión: Límites no determinados.

10. Estabilidad y reactividad

Descomposición térmica: A partir de aprox 200 °C , polimerización, separación de CO_2 .

Productos de descomposición peligrosos: Ningún producto de descomposición peligroso si se almacena y maneja correctamente.

Reacciones peligrosas:

Reacción exotérmica con aminas y alcoholes; con agua, desprendimiento de CO_2 , aumento de presión en recipientes cerrados; peligro de reventamiento.

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 05 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

11. Informaciones toxicológicas

Datos relativos a difenilmetandiisocianato, isómeros y homólogos

Toxicidad aguda:

LD₅₀ oral, rata (hembra): >15000 mg/kgLC₅₀ por inhalación, rata: 370 mg como aerosol/m³, 4,0 h de exposición.Concentración del vapor saturado de Difenilmetan-4,4'-diisocianato (MDI) a 25 °C: 0,09 mg/m³

Acción en los ojos: irritante

Acción en la piel: irritante

Efecto sobre las vías respiratorias: irritante

Estudio inhalativo a largo plazo con diisocianato de difenilmetano téc. (PMDI),

efectuado con aerosoles de PMDI inhalables, generados mecánicamente.

Diámetro aerodinámico: inferior a 5 µm en el 95 % del producto.

Concentraciones: 0,2 ; 1,0 y 6,0 mg/m³

Grupos de animales: 120 ratas cada uno (60 hembras, 60 machos) Resultados del estudio clínico e histopatológico de los animales:

0,2 mg de aerosol/m³: sin irritación de vías respiratorias ni pulmones
"No effect level" (NOEL).1,0 mg de aerosol/m³: ligeras irritaciones y alteraciones inflamatorias de nariz, vías respiratorias y pulmones, sin aparición de tumores pulmonares.6,0 mg de aerosol/m³: irritaciones más intensas y alteraciones inflamatorias crónicas de nariz, vías respiratorias y pulmones. Acumulación de una sustancia amarilla en los pulmones. Se observó la formación de 8 tumores pulmonares benignos (estadísticamente mayores) y 1 tumor pulmonar maligno (estadísticamente no significativo).

La mayor aparición global de tumores pulmonares exclusivamente en el grupo sometido a la mayor concentración del producto, se considera estrechamente relacionada con las irritaciones crónicas de los órganos respiratorios y con la acumulación de material amarillo en los pulmones de los animales.

preparación - Efecto irritante/corrosivo:

Acción en los ojos: así como un enturbiamiento débil y reversible de la córnea. Los vapores en altas concentraciones, irritan los ojos y las mucosas.(producto)

Acción en la piel: Irritante.En caso de contacto prolongado con la piel, ésta puede resecarse y aparecer irritaciones.

Efecto sobre las vías respiratorias: Los vapores en altas concentraciones, irritan los ojos y las mucosas.(producto)

Propiedades/efectos especiales:

Experiencias en el hombre: Irritación de las mucosas nasal, faringea y pulmonar; sequedad de garganta, opresión en el pecho, ocasionalmente unido a dificultades respiratorias y dolores de cabeza. Es posible la aparición retardada de los trastornos y de la reacción alérgica en las personas propensas a ello.

(continua)

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 06 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

11. Informaciones toxicológicas (Continuación)

Sensibilización: Posibilidad de sensibilización por inhalación.

Sensibilización cutánea: no puede evaluarse porque los resultados experimentales son contradictorios.

12. Informaciones ecológicas

Evitar la penetración en las aguas superficiales, en las aguas residuales y en el terreno.

Comportamiento en las aguas: No es miscible con agua.

Reacciona con agua en la superficie límite formando un producto de reacción sólido, insoluble y de alto punto de fusión (poliurea) con desprendimiento de dióxido de carbono. Esta reacción es fuertemente activada por sustancias tensoactivas (p.ej. detergentes) o por disolventes hidrosolubles. Según las experiencias adquiridas hasta la fecha, la poliurea es inerte y no degradable.

Datos relativos a difenilmetandiisocianato, isómeros y homólogos

Biodegradabilidad: 0 %, es decir, no degradable.

Velocidad de degradación en 28 días.

(Método: "test" del respirómetro)

Toxicidad aguda para los peces: $CL_0 = >1000 \text{ mg/l}$

Especie: Brachydanio rerio (Barbo rayado [Danio rerio])

Duración del ensayo: 96 h

Toxicidad aguda para las bacterias: $CE_{50} = >100 \text{ mg/l}$

Ensayada en bacterias de lodos activados.

Duración del ensayo: 3 h

Toxicidad aguda para las especies Daphnia: $EC_{50} = >1000 \text{ mg/l}$

Especie: Daphnia magna

Duración del ensayo: 24 h

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Eliminar conforme a las leyes, disposiciones y reglamentaciones internacionales, nacionales y locales al respecto.

Para la evacuación dentro de la UE se habrá de utilizar el código de residuo correspondiente del Catálogo Europeo de Residuos (CER).

Inmediatamente después de la última extracción de producto, los envases tienen que vaciarse (sin goteo, sin derrames, sin restos pegados). Después de neutralizar los restos de producto adheridos a las paredes, se tacharán las etiquetas del producto y la denominación de producto peligroso. El aprovechamiento de estos envases vacíos deberá tener lugar con arreglo a la legislación y las disposiciones ecológicas de carácter nacional.

14. Informaciones relativas al transporte

GGVSE: -- UN: NODG PG: --

RID/ADR: -- UN: NODG PG: --

ADNR: -- UN: NODG PG: --

GGVSee/Código IMDG: -- UN: NODG PG: -- MPO: --

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 07 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

14. Informaciones relativas al transporte (Continuación)

ICAO-TI/IATA-DGR: -- UN: NRES PG: --

Declaración envío por tierra: --

Declaración envío por mar: --

Declaración envío por aire: --

Otras indicaciones:

No es un producto de transporte peligroso. Irrita la piel y los ojos. Sensible a temperaturas bajo +20 °C. Sensible al calor desde +50 °C. Proteger de la humedad. Mantener separado de productos alimenticios, ácidos y soluciones alcalinas.

15. Informaciones reglamentarias

Etiquetado según la directiva 1999/45/CE (preparación) y sus modificaciones y adaptaciones:

Símbolo: Xn, designación del peligro: nocivo

Contiene: difenilmetandiisocianato, isómeros y homólogos

R 20: Nocivo por inhalación.

R 36/37/38: Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

R 42/43: Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.

S 23: No respirar los vapores/aerosoles.

S 36/37: Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.

S 45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

Clasificación TRGS 905:

Polímero MDI (PMDI) N° CAS: 9016-87-9

(En forma de aerosoles respirables, medido como parte del aerosol en la corriente alveolar)
cancerígeno, categoría 3

Norma alemana TA-Luft 5.2.5 sustancias orgánicas: clase I, es decir, no deben ser sobrepasadas una concentración de masa de 20 mg/m³ o la electricidad de masa de 0,10 kg/h en el gas de escape.

Clase de contaminación (WGK): 1 - débil contaminante del agua

WGK = Clasificación según la Ley alemana de aguas
(VwVwS 1999-05-17)

Ténganse en cuenta la hoja informativa de la "Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie" (Mutualidad Laboral Química) M 044 "Isocyanate" (Isocianatos).

16. Otras informaciones

Mención literal de todos los párrafos sobre riesgo ([R-Sätze]) a los que se hace referencia en los capítulos 2 y 3:

R 20: Nocivo por inhalación.

R 36/37/38: Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

R 42/43: Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.

(continua)

Ficha de datos de seguridad

982346/03

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 08 de 08

Revisada el: 28 de noviembre de 2005

DESMODUR VP.PU 08IF03

16. Otras informaciones (Continuación)

Para en envío dentro de los EE.UU.:

Según el § 172.101, apéndice A, DOT (Department of Transportation) se aplica lo siguiente:

MDI Reportable Quantity (RQ): 5000lbs (2270kg).

Directivas ISOPA para la seguridad en la carga/descarga, transporte y almacenaje de TDI y MDI.

Número de publicación ISOPA: PSC-0014-GUIDL-SP

Medidas de seguridad para la manipulación de objetos recién moldeados de PUR:

Los objetos moldeados de poliuretano, fabricados empleando esta materia prima, en caso de presentar superficies descubiertas y en función de los parámetros de transformación adoptados para su fabricación, pueden contener todavía en dichas superficies trazas de sustancias (p.ej. productos de partida y productos de reacción, catalizadores, desmoldeantes) que tienen características peligrosas. Debe evitarse el contacto de las trazas de tales sustancias con la piel. Por lo tanto para el desmoldeo y demás manipulaciones de objetos recién moldeados deberán emplearse como mínimo guantes de protección textiles, recubiertos por fuera con caucho nitrilo, PVC o PUR con preferencia en la zona de las palmas de las manos y de los dedos. Los guantes deben cambiarse diariamente. Se recomienda usar ropa de seguridad adecuada a las condiciones de la manipulación habitual de piezas recién moldeadas de poliuretano.

La presente hoja de datos de seguridad ha sido modificada.

Razón del cambio:

nueva versión (véase capítulo 2, 5, 9, 11, y 15)

Esta hoja de datos de seguridad sustituye a las ediciones anteriores.

Revisado y válido a partir de: ver fecha de la edición.

Las indicaciones se basan en las informaciones y experiencias actuales.

La Hoja de Datos de Seguridad describe los productos según las normas de seguridad. Los datos siguientes no implican la garantía en de la composición, propiedades o función del producto.

Sustituye la versión de: 22 de junio de 2005



ANEXO II

FICHA TÉCNICA DEL ISOCIANATO

Ficha informativa provisional

Información técnica

División Poliuretanos

Página 1 de 2

D E S M O D U R® PRODUCTO DE ENSAYO PU 08IF03

CARACTERIZACIÓN GENERAL Y APLICACIÓN

Desmodur VP.PU 08IF03 es un 4,4'-difenilmetanodiisocianato modificado líquido sin disolventes, de color entre amarillo y marrón. Se utiliza en la fabricación de BAYPREG®.

TOMA DE MUESTRAS

Se debe evitar la entrada de humedad.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

<u>Característica</u>	<u>Valor teórico</u>	<u>Unidad de medida</u>	<u>Método de ensayo</u>
Contenido en NCO		Peso - %	2011-0248603-94
Viscosidad a 25 °C		mPa · s	2011 -0313703-95
Acidez	máximo 350	ppm HCl	2011-0461102-96

La viscosidad del Desmodur VP.PU 08IF03 aumenta con el almacenamiento prolongado. Según nuestras observaciones, esto no impide la utilización correcta del producto.

DATOS DE REFERENCIA

<u>Característica</u>	<u>Valor</u>	<u>Unidad de medida</u>	<u>Método de ensayo</u>
Densidad a 25 °C	aprox. 1,23	g/cm ³	DIN 51757
Contenido total de cloro	máximo 4000	ppm cloro	2301-0132703-95

TIPO DE EMPAQUETADO

Bidones con aros, IBC, contenedores, camiones cisterna.

N.º de catálogo: PU 57146
Edición n.º 1 Fecha de
edición: 2003-04-24

Nuestros consejos sobre técnicas de aplicación, ya sean verbales, por escrito o mediante ensayos, se realizan según nuestro real saber y entender, pero se deben considerar sólo como indicaciones no vinculantes, también por lo que respecta a los posibles derechos de protección de terceros. Los consejos ofrecidos aquí no le eximen de realizar una comprobación propia específica de nuestros productos, para comprobar si son adecuados para los procesos y propósitos previstos. La aplicación, el empleo y la transformación de los productos se llevan a cabo fuera de nuestras posibilidades de control, y son, por tanto, de la exclusiva responsabilidad del usuario. No obstante, si hubiera lugar a responsabilidad por daños, ésta se limitaría al valor de la mercancía suministrada por nosotros y empleada por el usuario. Por supuesto, garantizamos la buena calidad de nuestros productos según lo establecido en nuestras condiciones generales de venta y suministro.

DESMODUR PRODUCTO DE ENSAYO PU 08IF03

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

La temperatura del producto durante el transporte en camión cisterna está comprendida entre los 20 y los 45 °C.

Se recomienda una temperatura de almacenamiento comprendida entre 10 y 30 °C.

Se puede almacenar por lo menos durante 6 meses desde la salida del almacén de distribución, en bidones bien cerrados para evitar la entrada de la humedad.

Los materiales adecuados para los contenedores son el acero (chapa negra) y el acero inoxidable (V2A).

INSTRUCCIONES DE PROCESADO

A temperaturas inferiores a +10 °C, el Desmodur VP.PU 08IF03 se puede cristalizar parcialmente. Para que el producto recupere la fluidez se debe calentar con precaución la totalidad del contenido del envase, durante el menor periodo posible, a 70 °C como máximo, aunque esto puede aumentar el contenido en sólidos.

Es imprescindible cerrar herméticamente los contenedores, incluso después de su vaciado. Sobre todo se debe evitar la introducción de agua, ya que, con la disociación del dióxido de carbono, convierte el Desmodur VP.PU 08IF03 en policarbamidas. Por tanto, durante el almacenamiento, el vaciado y el procesado del Desmodur VP.PU 08IF03 se debe evitar a toda costa la entrada de agua en cualquier forma (contenedores húmedos, disolventes que contengan agua, humedad ambiental, etc.), ya que el dióxido de carbono resultante podría provocar un peligroso aumento de la presión en depósitos y contenedores. Además, las policarbamidas que se formarían en el Desmodur VP.PU 08IF03 podrían provocar una precipitación de sólidos, que obstruirían y podrían deteriorar los filtros, bombas y conducciones del sistema de espumación.

ETIQUETADO

Etiquetado según el Reglamento alemán de sustancias peligrosas, apéndice II, n.º 1 (preparados) y las directivas correspondientes de la UE:

Símbolo: Xn

Indicación de peligro: nocivo para la salud

Contiene: diisocianato de difenilmetano, isómeros y homólogos

R 20: Nocivo por inhalación.

R 36/37/38: Irrita los ojos, las vías respiratorias y la piel.

R 42/43: Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel.

S 23: No se deben inhalar los vapores ni el líquido pulverizado.

S 36/37: Durante su manejo se deben utilizar guantes y vestimenta de protección adecuados.

S 45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

El apartado «Etiquetado» de esta información técnica de aplicación no sustituye los datos contenidos en la ficha de seguridad. En caso de actualización de los datos relevantes –siguiendo las directivas de la UE– sólo se procederá a la nueva distribución de las fichas de seguridad.

En la ficha de seguridad pueden consultarse otros avisos técnicos relevantes para la seguridad.

Ficha de datos de seguridad

491792/01

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 01 de 06

Revisada el: 20 de enero de 2006

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

BAYPREG VP.PU 01IF13

Aplicación:

Componente polioliol para la producción de poliuretanos

Bayer MaterialScience AG, HSEQ-PRC (Product Safety)

51368 Leverkusen, Alemania, Teléfono: +49 214 30 25026

Fax: +49 214 30 50035, e-mail: productsafety@bayermaterialscience.com

En caso de emergencia : +34 977 35 81 00 (Bayer Polímeros, S.L., TARRAGONA)

2. Composición/información sobre los componentes

preparación polioliol contiene

amida de ácido carbónico alquilamínico

% en peso: 1,0-<2,5

Nº CAS: 92128-22-8

Nº índice: --

Nº CE: 295-714-4

Clasificación: C R34; R43; N R51-53

N,N-dimetil-1,3-diaminopropano

% en peso: 1-<5

Nº CAS: 109-55-7

Nº índice: 612-061-00-6

Nº CE: 203-680-9

Clasificación: R10; Xn R22; C R34; R43

Límites de concentración específicos:

Xi ; R 43 = a partir de 1 %

Xi ; R 36/38-43 = a partir de 5 %

C ; R 34-43 = a partir de 10 %

C ; R 22-34-43 = a partir de 25 %

3. Identificación de los peligros

Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

4. Primeros auxilios

Instrucciones generales: Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.

Inhalación de aerosoles o de vapores en concentraciones elevadas: Llevar a la persona afectada al aire fresco, mantenerla caliente y en calma; en caso de trastornos respiratorios, es necesaria la asistencia médica.

Después de contacto con la piel: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón. En caso de reacciones de la piel consultar a un médico.

Después de contacto con los ojos: Enjuagar los ojos con agua templada manteniendo los párpados abiertos, durante un periodo suficiente (10 minutos como mínimo). Consultar al oculista.

Después de la ingestión: En caso de ingestión del producto consultar a un médico.

Ficha de datos de seguridad

491792/01

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 02 de 06

Revisada el: 20 de enero de 2006

BAYPREG VP.PU 01IF13

5. Medidas de lucha contra incendios

Agente extintor:

CO₂, espuma, polvo extintor seco, en caso de incendios graves utilizar además chorro de agua pulverizada.

En caso de lucha contra incendios es necesario llevar una protección respiratoria con alimentación de aire independiente.

6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental

Usar vestimenta de protección (véase punto 8). Procúrese aireación/renovación del aire suficiente. Manténganse lejos a las personas ajenas. No tirar los residuos por el desagüe. Recoger los restos con productos fijadores de agentes químicos o bien con arena seca y envasar luego en recipientes que cierren bien. Eliminación adicional véase capítulo 13.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: Hay que adoptar las medidas de precaución usuales durante la manipulación de productos químicos. Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Almacenaje: Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco.

Temperatura de almacenaje por razones de protección personal: máx. 50 °C.

Para más datos específicos, véase nuestro: "Información de aplicación técnica"

Clase de almacenaje : n.a.

8. Control de exposición/protección individual

Protección de las manos:

Materiales idóneos con limitaciones para guantes de seguridad; DIN EN 374-3: caucho nitrilo - NBR: espesor: $\geq 0,35$ mm;

Tiempo de penetración no comprobado; eliminar inmediatamente tras la contaminación.

Protección de los ojos: Úsese protección para los ojos/la cara.

Protección corporal: Úsese indumentaria protectora adecuada.

Medidas de seguridad y de higiene: Manténgase lejos de alimentos y condimentos. Lavarse las manos antes de una pausa y al término del trabajo. Guardar la ropa de trabajo separada. Cambiarse la ropa muy sucia o empapada.

Medidas de seguridad para la manipulación de objetos moldeados de PUR recién fabricados: ver apartado 16°

9. Propiedades físicas y químicas

método de ensayo

Estado físico: líquido

Color: negro

Olor: similar a las aminas

Pour point: -21 °C

DIN ISO 3016

Pto. de ebullición inicial: 99 °C

a 1013 hPa

DIN 53171

Densidad:

1,07 g/cm³

a 20 °C

DIN 51757

(continua)

Ficha de datos de seguridad

491792/01

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 03 de 06

Revisada el: 20 de enero de 2006

BAYPREG VP.PU 01IF13

9. Propiedades físicas y químicas	(Continuación)	método de ensayo
Presión de vapor:	16 mbar a 20 °C	EG A4
	34 mbar a 50 °C	EG A4
Viscosidad:	4000 mPa·s a 20 °C	DIN 53019
Solubilidad en agua:	miscible	
pH:	aprox. 7,3	
Punto de inflamación:	>100 °C	DIN EN 22719
Temperatura de ignición:	355 °C	DIN 51794
Límites de explosión:	Límites no determinados.	
10. Estabilidad y reactividad		
Descomposición térmica: No se produce hasta el comienzo de la ebullición.		
Productos de descomposición peligrosos: Ningún producto de descomposición peligroso si se almacena y maneja correctamente.		
Reacciones peligrosas: Hay que tener en cuenta la reacción exotérmica con los isocianatos.		
11. Informaciones toxicológicas		
No se dispone de estudios toxicológicos del preparado.		
Efecto irritante / corrosivo análogo al de productos con composición similar		
Acción en los ojos: Es de esperar una ligera irritación de los ojos.		
Acción en la piel: Es posible una ligera irritación de la piel.		
Sensibilización:		
Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.		
Resultados de análisis de los componentes peligrosos de la preparación		
Datos relativos a amida de ácido carbónico alquilamínico		
Toxicidad aguda:		
LD ₅₀ oral, rata: >5000 mg/kg		
LD ₅₀ dérmico, cobaya: >5000 mg/kg		
irritación cutánea primaria, conejo: corrosivo		
irritación primaria de la mucosa, conejo: fuertemente irritante		
Sensibilización:		
El producto posee un efecto sensibilizante sobre cobayas.		
Datos relativos a N,N-dimetil-1,3-diaminopropano		
Toxicidad aguda:		
LD ₅₀ oral, rata (macho): 1640 mg/kg		
LD ₅₀ dérmico, conejos: 490 mg/kg		
LC ₅₀ por inhalación, ratas: >4,31 mg/l, exposición de 4,0 h		
12. Informaciones ecológicas		
Evitar la penetración en las aguas superficiales, en las aguas residuales y en el terreno.		
No se dispone de estudios ecotoxicológicos del preparado.		

(continua)

Ficha de datos de seguridad

491792/01

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 04 de 06

Revisada el: 20 de enero de 2006

BAYPREG VP.PU 01IF13

12. Informaciones ecológicas (Continuación)

Datos relativos a amida de ácido carbónico alquilamínico

Biodegradabilidad: 42 %, es decir, no es fácilmente degradable.

Velocidad de degradación en 28 días.

(Método: test en frasco cerrado)

Toxicidad aguda para las bacterias: $CE_{50} = 211 \text{ mg/l}$

Ensayada en bacterias de lodos activados.

Duración del ensayo: 3 h

Toxicidad aguda para las especies Daphnia: $EC_{50} = 1,0 \text{ mg/l}$

Especie: Daphnia magna

Duración del ensayo: 24 h

Datos relativos a N,N-dimetil-1,3-diaminopropano

Biodegradación: > 65 % después de 28 días

Toxicidad aguda para los peces: $CL_0 = > 500 \text{ mg/l}$

Especie: Carpa dorada (Leuciscus idus)

Duración del ensayo: 96 h

Toxicidad aguda para bacterias: $EC_{50} = \text{aprox. } 95 \text{ mg/l}$

Especie: Pseudomonas putida

Duración del ensayo: 17 h

Toxicidad aguda para las especies Daphnia: $EC_{50} = 59,5 \text{ mg/l}$

Especie: Daphnia magna

Duración del ensayo: 48 h

Toxicidad aguda para las algas: $EC_0 = 56,2 \text{ mg/l}$ Duración del ensayo: 72 h**13. Consideraciones relativas a la eliminación**

Eliminar conforme a las leyes, disposiciones y reglamentaciones internacionales, nacionales y locales al respecto.

Para la evacuación dentro de la UE se habrá de utilizar el código de residuo correspondiente del Catálogo Europeo de Residuos (CER).

Después de vaciados los restos (de modo que ya no chorreen, ni tengan incrustaciones ni líquidos que puedan gotear) los envases vacíos se entregarán en función de su naturaleza en los correspondientes centros de recepción de los sistemas de recogida ya existentes en la industria química para que puedan ser aprovechados. El aprovechamiento de estos envases vacíos deberá tener lugar con arreglo a la legislación y las disposiciones ecológicas de carácter nacional.

14. Informaciones relativas al transporte

GGVSE: -- UN: NODG PG: --

RID/ADR: -- UN: NODG PG: --

ADNR: -- UN: NODG PG: --

GGVSee/Código IMDG: -- UN: NODG PG: -- MPO: NO

ICAO-TI/IATA-DGR: -- UN: NRES PG: --

Declaración envío por tierra: --

Declaración envío por mar: --

Declaración envío por aire: --

Ficha de datos de seguridad

491792/01

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 05 de 06

Revisada el: 20 de enero de 2006

BAYPREG VP.PU 01IF13

14. Informaciones relativas al transporte (Continuación)

Otras indicaciones:

No es un producto de transporte peligroso. Despide un débil olor. Sensible al calor desde +50 °C. Mantener separado de productos alimenticios, ácidos y soluciones alcalinas.

15. Informaciones reglamentarias

Etiquetado según la directiva 1999/45/CE (preparación) y sus modificaciones y adaptaciones:

Símbolo: Xi, designación del peligro: irritante

Contiene: amida de ácido carbónico alquilamínico

N,N-dimetil-1,3-diaminopropano

R 43: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

S 26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

S 28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón.

S 36/37: Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.

S 46: En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

Instrucciones técnicas sorbe air ("TA-Luft" de Alemana):

En procedimientos especiales, p.ej. pulverización o aplicación a temperaturas elevadas, hay que comprobar una posible relevancia con respecto a "TA-Luft".

Clase de contaminación (WGK): 2 - contamina el agua

WGK = Clasificación según la Ley alemana de aguas (VwVwS 1999-05-17)

Deberán cumplirse todos los reglamentos nacionales vigentes relativos al manejo de sustancias irritantes, de sustancias corrosivas y de sustancias peligrosas.

16. Otras informaciones

Mención literal de todos los párrafos sobre riesgo ([R-Sätze]) a los que se hace referencia en los capítulos 2 y 3:

R 10: Inflamable.

R 22: Nocivo por ingestión.

R 34: Provoca quemaduras.

R 43: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

R 51/53: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

La presente hoja de datos de seguridad ha sido modificada.

Razón del cambio:

nueva versión (véase capítulo 9, 11 y 12)

(continua)

Ficha de datos de seguridad

491792/01

Fecha de edición: 20 de enero de 2006

Página 06 de 06

Revisada el: 20 de enero de 2006

BAYPREG VP.PU 01IF13

16. Otras informaciones (Continuación)

Esta hoja de datos de seguridad sustituye a las ediciones anteriores.

Revisado y válido a partir de: ver fecha de la edición.

Las indicaciones se basan en las informaciones y experiencias actuales.

La Hoja de Datos de Seguridad describe los productos según las normas de seguridad. Los datos siguientes no implican la garantía en de la composición, propiedades o función del producto.



ANEXO III

FICHA TÉCNICA DEL PAPEL



saica medium

saica medium

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

TEST	NORMA	UNIDAD	SAICA MEDIUM			
Gramaje nominal	EN-ISO 536	g/m ²	105	127	140	160
Humedad nominal	UNE-EN 20287	%	8,0	8,0	8,0	8,0
CMT 30/50, DM	UNE-EN ISO 7263	N	190	230	250	290
		N.m ² /g	1,81	1,81	1,79	1,81
SCT, DT	ISO 9895	kN/m	1,90	2,30	2,40	2,70
		kN.m/kg	18,1	18,1	17,1	16,9

CARACTERÍSTICAS GARANTIZADAS

TEST	NORMA	UNIDAD	SAICA MEDIUM			
Gramaje nominal	EN-ISO 536	g/m ²	105	127	140	160
Gramaje medio			nominal ± 3%			
Humedad nominal	UNE-EN 20287	%	8,0	8,0	8,0	8,0
Humedad media			nominal -1 ± 0,5			
CMT 30/50, DM	UNE-EN ISO 7263	N	165	200	225	255
mínimo		N.m ² /g	1,57	1,57	1,61	1,59
SCT, DT	ISO 9895	kN/m	1,65	2,00	2,10	2,40
mínimo		kN.m/kg	15,7	15,7	15,0	15,0

Validez: Desde julio 2008

...más en saica.es

saica



ANEXO IV

FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE VIDRIO



	M601-600g	M601-700			
Propiedad	Nominal	Nominal	Tolerancia	Unidad	Normativa
Gramaje	630	710	-5/+8%	g/m2	ISO 3374*
Apresto	silane				
Tipo de vidrio	Vidrio-E				
Ø Filamento	12,0			µm	ISO1888*
Largo de fibra	50			mm	
Tex de filamento	30			g/km	ISO 1889*
Humedad	max 0,2			%	ISO 3344*
Ligante	polvo				
Pérdida a la combustión	3,8	3,8	+/-31%	%(weight)	ISO 1887*
Resistencia mecánica	650 (provisional)	50 (provisional)		N/150mm	ISO 3342*
Solubilidad en estireno	<60			s	ISO 2558*
Cantos	1 canto cortado recto				
Ancho	140			cm	
Deshilachado	+/-2			cm	
Diámetro del rollo	60	60		cm	

* información del proveedor

* Tolerancias máximas según normativa EN 14118